



Bioforsk Rapport

Vol. 1 Nr. 119 2006

Energi til norsk veksthusnæring

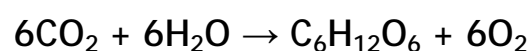
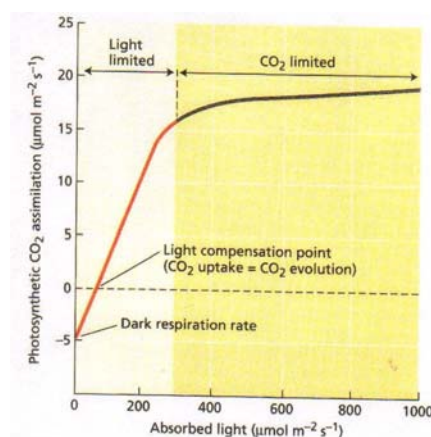
Bruk av naturgass som energibærer og CO₂-kilde

Olav Arne Bævre^{1,a}, Øystein Lund Bø², Rune Jelsa³, Erlend Randeberg² & Michel Verheul¹

Bioforsk Vest

1. Bioforsk Vest Særheim
2. International Research Institute of Stavanger (IRIS)
3. Lyse Gass AS

a. olav.arne.bavre@bioforsk.no





Hovedkontor
Frederik A. Dahls vei 20,
1432 Ås
Tel.: 64 94 70 00
Fax: 64 94 70 10
post@bioforsk.no

Bioforsk Vest Særheim
Postveien 213
4353 Klepp Stasjon
Tel.: 51 78 98 00
Fax: 51 78 98 01
saerheim@bioforsk.no

Tittel/Title:

Energi til norsk veksthusnæring - bruk av naturgass som energibærer og CO₂-kilde/ Energy for Norwegian greenhouse industry - Use of natural gas as energy source and for CO₂ supply

Forfatter(e)/Autor(s):

Bævre, O.A., Lund Bø, Ø., Jelsa, R., Randeberg, E. & Verheul, M.

<i>Dato/Date:</i> 20. september 2006	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i> 1510101	<i>Arkiv nr./Archive No.:</i> 643.2
<i>Rapport nr. Report No.:</i> 119/06	<i>ISBN-nr.:</i> 82-17-00111-1 978-82-17-00111-9	<i>Antall sider/Number of pages:</i> 36	<i>Antall vedlegg/Number of appendix:</i>

<i>Oppdragsgiver/Employer:</i> Risavika Senter for Miljø- og Gassteknologi	<i>Kontaktperson/Contact person:</i> Bjørn Grandal
---	---

Stikkord/Keywords:

Naturgass, kraft/varme-anlegg, veksthus
Natural gas, cogen, combined Heat and Power,
greenhouse

Fagområde/Field of work:

Veksthuskulturer
Greenhouse production

Sammendrag Norsk gartnerinæring bruker anslagsvis 1 000 GWh per år. Planteproduksjon i veksthus her i landet har stort behov for elektrisk energi og avhengig av kultur og produksjonsopplegg varierer andelen elektrisk energi fra 50-80 %. Naturgass er blitt et supplement til elektrisk energi i Rogaland de siste årene. I arbeidet med å sikre veksthusnæringen tilgang på elektrisk kraft kan kraft/varme-anlegg være et alternativ, ettersom plantene kan nyttiggjøre seg CO₂ i avgassen. I utredningen er det skissert et forsøksanlegg for testing av energiløsninger for veksthus basert på naturgass og aktuelt utstyr for produksjon og oppsamling av energi for senere bruk.

Summary: Norwegian greenhouse industry use about 1 000 GWh per year. The plant production in greenhouse is based on 50-80 % electric energy. Natural gas has become a supplement to electric energy in Rogaland county the last years. The supply of the greenhouse industry with electric could also be done with combined Heat and Power systems and the CO₂- production from this production of energy could be used of the plants. This paper draw a plan for an experimental plant for use of natural gas and use of equipment for storing energy for later use.

Land/fylke: Rogaland
Kommune: Klepp
Sted/Lokalitet: Særheim

Kontraktpart i Bioforsk

Prosjektleder

Svein Grimstad

Olav Arne Bævre

1 Forord

De siste årene har de fleste gartnerier i Rogaland fått tilgang på rør-transmittert naturgass og i dag er det her 103 gartnerier som nytter naturgass som energibærer i kombinasjon med elektrisk energi. Denne utviklingen har gitt gartnerinæringen nye muligheter til å sikre sitt energibehov og utnytte verdien i naturgass både som energi- og CO₂-kilde. Per dato har ikke andre deler av landet denne muligheten. Bruk av LNG (flytende naturgass) er/kan bli et alternativ i visse områder.

Gartnerinæringen er i dag sterkt presset av høye kostnader til energi, og i visse deler av landet er leveringssituasjonen av elektrisk kraft usikker. Det er således et stort behov for både å sikre denne næringen tilgang på egnet energi og utnytte energien optimalt i produksjonen av planter og planteprodukter. Energikostnadene utgjør 30-40 % av de totale produksjonskostnadene i den norske veksthusnæringen.

Mulighetene som ligger i bruk av naturgass i veksthus bør videreutvikles. Utnyttelse av CO₂ står sentralt og produksjon av elektrisk kraft sammen med termisk energi bør klarlegges.

Et forprosjekt (forstudie) med deltakere fra energibransjen og relevante FoU-miljøer (teknologi/planteproduksjonsteknisk) har blitt gjennomført for å analysere dagens situasjon og generere kunnskap som belyser mulighetene for bruk av naturgass som energibærer i veksthusnæringen. Det viktigste i forprosjektet har vært å frambringe relevant kunnskap, kunnskap som kan legges til grunn ved vurdering av et hovedprosjekt og for kommunikasjon med politiske og næringsmessige aktører.

Forprosjektet har vært et samarbeid mellom Risavika Senter for Miljø- og Gassteknologi, Bioforsk Vest Særheim, IRIS og Lyse Gass AS.

2 Sammendrag

Det norske veksthusarealet var ca. 2 000 dekar i 2004 med en gjennomsnittstørrelse per driftsenhet på vel 2 dekar. I veksthus nyttes 32 % av arealet til grønnsaker, 15 % til snittblomster og 44 % til potteplanter (1999). Rogaland er det fylket som har det største arealet og den største verdiskapingen (ca. 450 mill. kr) fulgt av Buskerud og Vestfold. Svingningene i pris for de forskjellige varegruppene fra år til år og innenfor sesongene påvirker i stor grad produksjonsverdien. I 2002 var produksjonsverdien 1 531 mill. kr fordelt med 1 092 mill. kr på blomster og 439 mill. kr på veksthusgrønnsaker, mens total produksjonsverdi i 2004 var på 1 328 mill. kr.

Den norske gartnerinæringens energiforbruk er anslagsvis 1 000 GWh per år. Planteproduksjon i veksthus her i landet har stort behov for elektrisk energi og avhengig av kultur og produksjonsopplegg er andelen elektrisk energi mellom 50 og 80 %. I Rogaland er i dag 103 gartnerier knyttet til Lyses gassnett og bruken av naturgass utgjør ca. 180 GWh per år.

Energikostnadene utgjør 30-40 % av de totale produksjonskostnadene i den norske veksthusnæringen. Det er dermed særdeles viktig å få opp energieffektiviteten og utnytte CO₂ fra forbrenningen (til økt plantevekst) på en effektiv måte for å sikre lønnsomheten.

Forprosjektet viser at det finnes teknologi som kan brukes i veksthus for å utnytte naturgassen mer effektivt enn i dag. Det pekes blant annet på kombinert kraft- og varmeproduksjon basert på naturgass samtidig som CO₂ fra avgassen benyttes. Det kan videre gjøres tiltak i veksthus som kan redusere energibehovet, samtidig som veksthusanlegg som både bruker og leverandør av energi kan integreres med det lokale energisystemet. Det er også en utfordring for næringen å dra nytte av den teknologien som er på markedet. Fordi investeringskostnadene er høye, er trolig lønnsomhet betinget av mer storskala drift enn det som er vanlig i Norge i dag.

Energibehovet og energitilgangen peker i retning av en viss strukturendring i næringen, der lokalisering av anlegg både regionalt og lokalt vil være i fokus. Framtidige veksthusanlegg forventes å være mer teknisk avanserte enn i dag.

Skisserte muligheter som ligger i bruk av naturgass i veksthus, i energisparende tiltak og i bruk av energien i en mer helhetlig sammenheng enn i dag, gjør det aktuelt å forfølge temaet. Testing og videreutvikling av tekniske tiltak og utstyr kan vanskelig skje i operative gartneribedrifter, og det skisseres derfor et eksperimentelt anlegg hvor næringen sammen med leverandører av utstyr og driftsmidler går sammen, og der myndighetene bidrar økonomisk. Å generere aktuell kunnskap for mulig implementering i eksisterende og framtidige anlegg vil være et viktig miljøprosjekt og et bidrag til å utvikle veksthusanleggene til å bli integrert i lokal energidistribusjon.

Det er vurdert som nødvendig å etablere et anlegg for utvikling av teknologi for effektivisert energibruk og nye dyrkingstiltak ved bruk av naturgass i norsk veksthusnæring. Utredningen legger da også vekt på en helhetlig tilnærming der biologi og teknologi må ses i sammenheng, og der plantenes fysiologiske krav skal understøttes av tekniske tiltak.

Det anbefales at forprosjektet videreføres med avklaring av interesse hos næringen og myndigheter for å gå videre med etablering av et eksperimentelt energiveksthus i Risavika. Med en prosjektperiode på fem år antydes totalcostnader på omkring 50 mill. kr.

3 Innhold

1	Forord.....	3
2	Sammendrag	4
3	Innhold.....	5
4	Prosjektets motivasjon, mål og bruk av kunnskapen	6
5	Innledning	7
6	Bakgrunn	8
6.1	<i>Gartnerinæringen i Norge og Norden.....</i>	<i>8</i>
6.1.1	Areal og produksjoner	8
6.1.2	Produktmengde og verdiskaping	10
6.2	<i>Klima og produksjonsfaktorer</i>	<i>10</i>
6.2.1	Lysklima (lys og daglengde).....	12
6.2.2	Temperatur	13
6.2.3	CO ₂	14
6.2.4	Luftfuktighet	14
6.3	<i>Energi og CO₂ til norske veksthus</i>	<i>15</i>
6.3.1	Energi til norske veksthus	15
6.3.2	Karbondioksid til planter i veksthus	18
6.3.3	Behov for energi og CO ₂ i agurkproduksjonen - praktisk eksempel fra en bedrift.....	18
7	Utfordringer og muligheter for veksthusnæringen	20
7.1	<i>Fra konvensjonelle anlegg til lukkede veksthus</i>	<i>20</i>
7.2	<i>Naturgass som energibærer og CO₂-kilde</i>	<i>21</i>
7.2.1	Kombinert kraft/varmeproduksjon i veksthus	23
7.2.2	Energi- og klimastyring i veksthus	24
7.3	<i>Valg av tekniske løsninger for veksthusnæringen</i>	<i>25</i>
7.3.1	Tekniske krav	25
7.3.2	Økonomi.....	27
7.3.3	Energistyring	28
7.3.4	Aktuelle lokaliseringer (geografisk/logistisk) av veksthusanlegg ved bruk av gass.....	28
7.3.5	Eie- og driftsforhold.....	29
7.4	<i>Hva bør man kunne mer om?.....</i>	<i>29</i>
8	Forslag til hovedprosjekt	30
8.1	<i>FoU-oppgaver i et hovedprosjekt</i>	<i>30</i>
8.1.1	Produksjonsteknologi	30
8.1.2	Energisystem	30
8.2	<i>Utstyr</i>	<i>32</i>
8.3	<i>Ressursbehov</i>	<i>33</i>
8.3.1	Veksthus	33
8.3.2	Energisystem	33
8.3.3	Samlet ressursbehov	34
8.4	<i>Konklusjon/oppsummering</i>	<i>35</i>
9	Referanser	36

4 Prosjektets motivasjon, mål og bruk av kunnskapen

Prosjektet er motivert ut fra viktigheten av å:

- sikre veksthusnæringen egnede og kostnadseffektive energiløsninger
- gjøre norsk veksthusnæring mer konkurransedyktig på hjemmemarkedet og øke mulighetene for eksport
- utvikle distribuerte energiløsninger og avlaste kraftnettet for å forbedre energifleksibilitet og øke forsyningssikkerheten

Mål med forprosjektet:

- Framskaffe relevant kunnskap for bruk av naturgass og alternative energiløsninger i veksthus
- Belyse problemstillinger og skissere kunnskapsbehov
- Utarbeide prosjektforslag for et hovedprosjekt som har som mål å øke energieffektiviteten i norske veksthus med størrelsesorden 15-20 %

Bruk av kunnskapen:

- Kunnskapen fra prosjektet skal brukes i kommunikasjon med næringsliv og politiske aktører og potensielle framtidige samarbeidsparter
- Kunnskapen fra forprosjektet og innspill fra næringsliv og politiske aktører legges til grunn i vurdering av, eventuelt etablering av et hovedprosjekt.

5 Innledning

Norsk veksthusnæring produserer hovedsakelig for hjemmemarkedet i konkurranse med import. En sterk forankring i hjemmemarkedet er også det mest sannsynlige framtidsperspektivet. Den beskyttelse som deler av produksjonen har i dag basert på tollsatser, ventes å bli redusert som følge av endringer i WTO-regelverk og andre internasjonale avtaler. Dermed vil det oppstå en skjerpet konkurranse. Det gjelder især på produkter som ikke taper vesentlig kvalitet under transport (for eksempel nellik) og der transportomkostningene er en mindre andel av markedsprisen på varen. Arealproduktiviteten i norsk gartnerinæring er så høy at en økning neppe vil være avgjørende for konkurransesituasjonen. Produksjonen per energienhet bør imidlertid kunne økes.

Enhetsstørrelsen og rasjonaliteten er viktig i konkurransen. På markeder som etterspør store partier (for eksempel kjeder) har ofte norske gartnerier en konkurranseulempe. Under et hardere konkurranseregime vil man kunne vente en tiltakende omstrukturering i næringen mot større og mer rasjonelle anlegg.

Problemstillinger knyttet til tilgang og bruk av energi vil stå svært sentralt i utvikling av næringen. Avhengigheten av energi og elektrisk energi spesielt (utgjør 50-80 prosent av energiforbruket i moderne norske produksjoner), medfører problemstillinger knyttet til nettkapasitet, pris per levert energimengde og en effektiv utnyttelse av energien. Å bidra til å sikre næringen tilgang på egnet energibærer og økt produksjonsutbytte av energien vil være et særdeles viktig bidrag til videre utvikling av næringen.

Bruk av naturgass, på lik linje med konkurrentene i for eksempel Nederland, kan være et aktuelt tiltak også i Norge. Ettersom man i veksthus har behov for elektrisk kraft til drift av lysanlegg, varme og CO₂, kan kraft/varme eller såkalte CHP-systemer (Combined Heat and Power)¹ være et viktig bidrag for dekning av energibehovet og behovet for CO₂.

¹ Også kalt kogenerering.

6 Bakgrunn

6.1 Gartnerinæringen i Norge og Norden

6.1.1 Areal og produksjoner

Det norske veksthusarealet var ca. 2000 dekar i 2004 (slik som i 1999) med en gjennomsnittstørrelse per driftsenhet på vel 2 dekar (Statistisk sentralbyrå). Veksthusbedriftene er spredt over hele landet, men der noen fylker har en mer dominerende plass enn andre (Tabell 6-1). I Norge brukes 32 % (645 dekar i 1999) av veksthusarealet til grønnsaker, mens tilsvarende andel med snittblomster i 1999 var 15 % (297 dekar) og potteplanter (inkludert utplantingsplanter) 44 % (879 dekar). Arealet med bær var 27 dekar og planteskolevarer utgjorde 59 dekar.

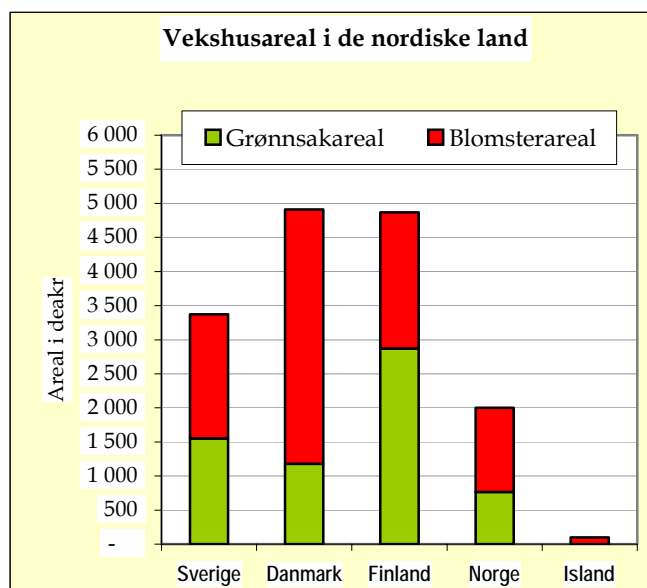
Tabell 6-1. Veksthusareal og antall driftsenheter fordelt på de fylkene med størst areal (Statistisk sentralbyrå 2002, Jordbrukstellingen 1999).

Fylke	Veksthusareal (dekar)	Antall bruk	Grønnsaker (dekar)	Blomster (dekar)
Rogaland	551	228	359	146
Buskerud	245	83	113	94
Vestfold	225	82	28	181
Oslo/Akershus	174	58	13	152
Hordaland	142	72	15	125
Østfold	115	62	22	81
Nord-Trøndelag	89	51	18	59
Norge	2 002	957	645	1 176

I nordisk sammenheng er det særlig Danmark som skiller seg ut med de største anleggene med nær 8 dekar per produsent. I Finland er bedriftsstørrelsen den samme som i Norge, men der er over halvparten av veksthusarealet bygd med plastfolie i stedet for glass, akryl (doble plater) eller polykarbonat. Bedriftsstørrelsen i Sverige er på ca. 3 dekar i gjennomsnitt.

Per innbygger er veksthusarealet her i landet 0,44 m², noe som er nær det samme som i Sverige (0,38 m²), men mindre enn i Danmark (0,91 m²), Finland (0,93 m²) og Island (0,68 m²).

I Danmark er det blomstene, og da særlig potteplantene, som representerer de store produksjonene (Figur 6-1), mens det er veksthusgrønnsakene som er arealmessig størst i Finland.



Figur 6-1. Veksthusarealet i de nordiske land fordelt mellom grønnsaker og blomster (NGF 2006).

Av det totale norske veksthusarealet utgjorde arealet i Rogaland 28,9 % (579 dekar) i 2004, mens hele 67,5 % av grønnsakarealet (385 dekar) var i Rogaland (Tabell 6-2). Innen grønnsaker er det kommunene Finnøy, Klepp og Rennesøy som er de største, mens Stavanger, Klepp og Sola dominerer i blomster.

Tabell 6-2. Arealet av grønnsaker og blomster i veksthus i Rogaland i 2004 (NGF 2006).

Kommune/ geografisk område	Grønnsaker		Blomster	
	m ²	%	m ²	%
Finnøy	125 138	32,5	6 000	3,1
Rennesøy	50 220	13,0		
Hjelmeland	10 202	2,6	300	0,2
Strand	3 650	0,9		
Nord-Rogaland ²	11 300	2,9	26 000	13,4
Randaberg			3 000	1,5
Stavanger	29 500	7,7	63 000	32,5
Sola	36 100	9,4	27 000	13,9
Sandnes			19 000	9,8
Klepp	91 810	23,8	40 000	20,6
Time	5 100	1,3	8 500	4,4
Hå	14 140	3,7	1 000	0,5
Sum Rogaland	385 190	100,0	193 800	100,0

Buskerud og Vestfold har store veksthusarealer. Grønnsakene er viktigst i Buskerud (særlig Lier) og blomstene i Vestfold. Andre deler har også større eller mindre konsentrasjoner av gartnerier.

² Vindafjord, Haugesund, Karmøy

Av det norske agurkarealet på 209 dekar (2004) var 32,1 % (68 dekar) i Rogaland, hvorav hele 85 % av dette lå på Jæren. Tomatarealet i Rogaland var i 2004 på 274 dekar som var 84 % av landets areal (327 dekar) til tomat. Hele 176 dekar (54 % av landets areal) lå i kommunene Finnøy og Rennesøy.

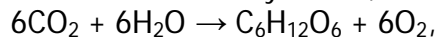
6.1.2 Produktmengde og verdiskaping

Svingningene i pris for de forskjellige varegruppene fra år til år og innenfor sesongene påvirker i stor grad produksjonsverdien. I 2002 var produksjonsverdien i gartneriene på 1 531 mill. kr fordelt med 1 092 mill. kr på blomster og 439 mill. kr på veksthusgrønnsaker. Tilsvarende tall i 2004 var 1 328 mill. kr totalt, hvorav 976 mill. kr var knyttet til blomster (42 mill. potteplanter, 110 mill. snittblomster og 30 mill. utplantingsplanter) og 352 mill. kr til grønnsaker (23 667 tonn).

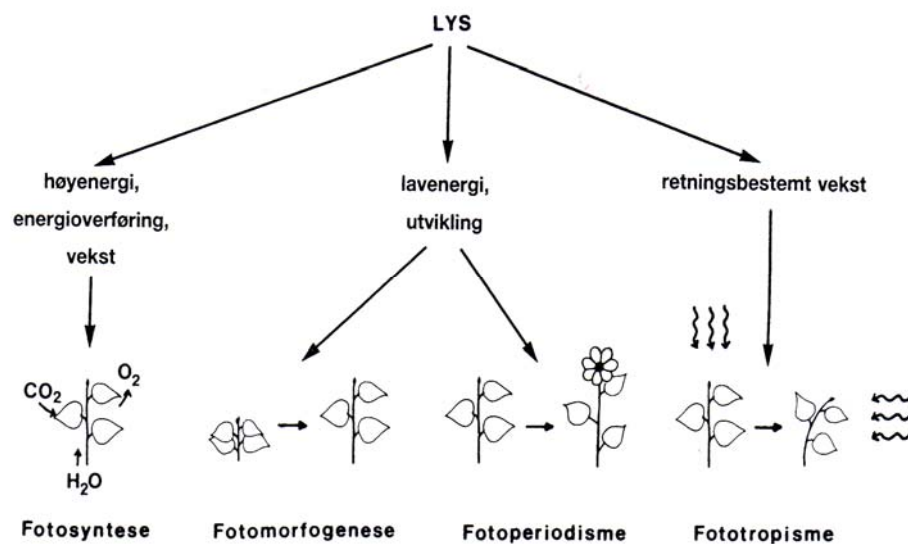
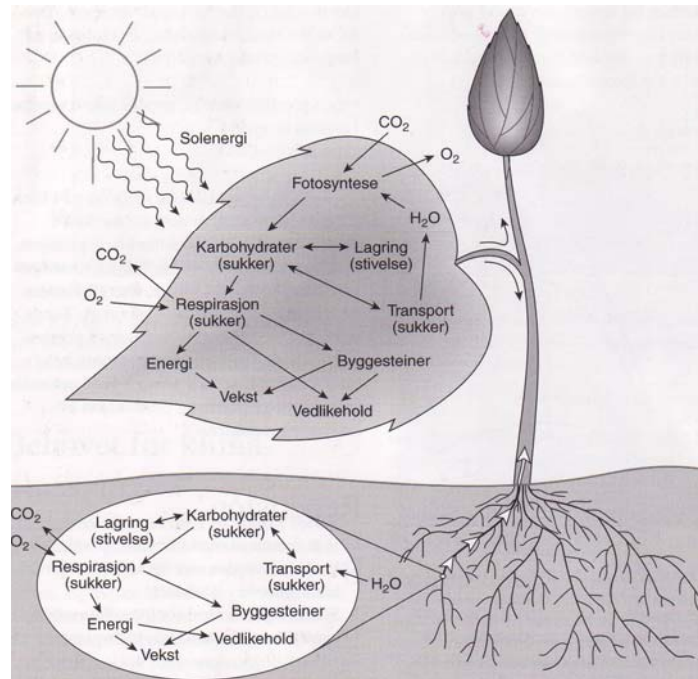
I Rogaland var produksjonsverdien ca. 450 mill. kr i 2004 (NGF/Syversen personlig meddl.) som også inkluderer andre veksthuskulturer enn agurk, tomat og blomster (salat, kryddervekster, bær, planteskolevarer og lignende).

6.2 Klima og produksjonsfaktorer

Produksjon av planter i veksthus innebærer å etablere et optimalt klima for plantens utvikling og vekst og da spesifikt for den enkeltes plantes/kulturs krav. Det produkt som produksjonen gir er et resultat av fotosyntesen,



og plantens morfologiske utvikling (litt forenklet). Lys er energikilden i fotosyntesen (Figur 6-2).



Figur 6-2. En forenklet skisse av fotosyntesen (Rosenqvist & Mazani 1999) og lysets påvirkning på plantens morfologi (Hansen 1984).

Normalt vil det i veksthus være et klima som avviker fra det utenfor. Viktige klimafaktorer i veksthus er:

- Lysklima (lys og daglengde)
- Temperatur
- CO₂
- Luftfuktighet

Faktorene er ikke uavhengige. Hvis mengden eller nivået for den ene øker eller avtar, vil det kunne påvirke effekten av andre faktorer. For eksempel vil et økt lysnivå (innen et akseptabelt nivå for planten) øke optimaltemperaturen for plantene.

6.2.1 Lysklima (lys og daglengde)

De forskjellige vekstene eller kulturene stiller ulike lyskrav (Tabell 6-3) og forskjellig krav til daglengde (10-24 timer) avhengig av utviklingsfase.

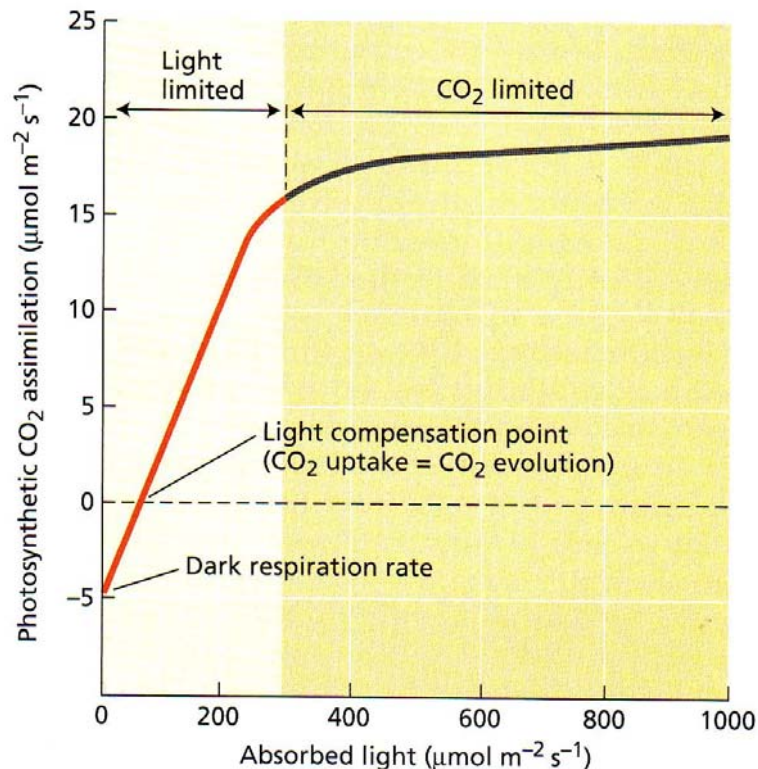
Tabell 6-3. Klassifisering av planter etter lysbehov (Moe 1994).

Lysbehov	Lyssum ³ (mol/m ² /dag)	Kultur
Lavt	< 10	julebegonia, saintpaulia
Middels	10-20	hiemalisbegonia, sinningia, spatiphyllum, syklamen
Høyt	20-30	krysantemum, nellik
Meget høyt	>30	snitt- og potteroser, tomat, agurk

Lysmengde og daglengde er til dels to sider av samme sak. For å opprettholde en dag som er lengre enn den naturlige, må det tilføres kunstlys av et visst nivå (produksjonslys). Flere av de dominerende kulturene i norske veksthus er lyskrevende. Kunstlyskilden er i dag høytrykknatriumdampplamper med en virkningsgrad på 30-36 % (andelen tilført energi som blir til synlig lys). Et lysanlegg i drift avgir store mengder varme (tilsvarende tilført energi). Avhengig av husets beskaffenhet, vindforhold og installasjon av gardiner m.m., vil lysinstallasjonen bidra med et temperaturløft på flere grader.

Ved lave lysnivåer frigir plantene mer karbondioksid enn de tar opp, fordi respirasjonen er større enn opptaket av CO₂ gjennom fotosyntesen. Ved et gitt lysnivå (lyskompensasjonspunktet) er CO₂-opptaket og frigjøring av CO₂ fra plantene det samme og produksjonen er lik null. Når lysnivået øker, kommer man til et stadium hvor CO₂ er den begrensende faktoren (Figur 6-3).

³ 10 mol/m²/dag tilsvarer 8000 lx i 20 timer per døgn

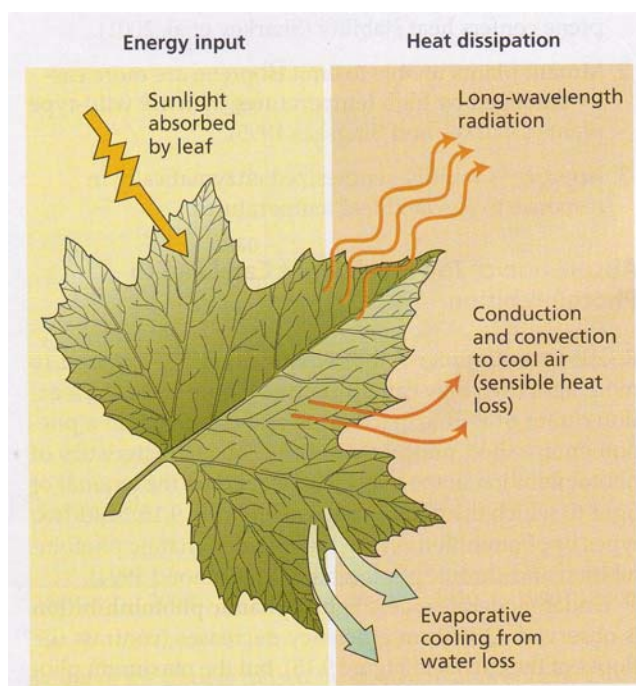


Figur 6-3. I mørke gir respirasjonen et netto tap av karbondioksid. Ved lave lysnivåer oppnås lyskompensasjonspunktet der opptaket av karbondioksid gjennom fotosyntesen er lik utskillelsen ved respirasjon. Økt stråling over lyskompensasjonspunktet fører til en jevn økning i fotosyntesen, inntil lysnivået blir så høyt at karbondioksid blir den begrensende faktoren (Taiz & Zeiger 2002).

Av den totale solenergien som når et blad er det bare 5 % som blir omdannet til karbohydrater. Nivået for lysmetning varierer med planteart og for mange av plantene i veksthus vil det ligge i området fra 6-12 klx ($100\text{-}200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) for skyggeplanter til over 50 klx ($1\,000 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) for de mest lyskrevende planteartene.

6.2.2 Temperatur

Optimal temperatur varierer med planteart og sort innen art og med hva vi legger i begrepet optimal. Den temperaturen som er optimal for fotosyntesen, behøver ikke være optimal for all produksjon. Optimal temperatur endrer seg med plantens utviklingsstadium og hvilket produkt vi ønsker. Normalt registreres lufttemperaturen, mens det er plantens temperatur som er den reelle temperaturen for fotosyntesen. Ved høy innstråling vil plantetemperaturen bli høyere enn lufttemperaturen og ved utstråling (klar natt) vil den bli lavere enn lufttemperaturen. Temperaturbalansen i planten ved høy innstråling er skissert i Figur 6-4.



Figur 6-4. Absorpsjon og tap av energi i et bestrålt blad (Taiz & Zeiger 2002).

Lufttemperaturen i lysfasen og mørkefasen er normalt forskjellig og det er ofte forskjellig temperaturbehov mellom plantens overjordiske del og roten.

6.2.3 CO₂

All plantevekst forutsetter tilgang på CO₂ (jf. fotosyntesen). Fotosyntesen er bl.a. et resultat av forholdet mellom absorpsjon av lys og assimilasjon av CO₂.

Atmosfæreluft inneholder i dag ca. 370 ppm⁴ CO₂, mens de fleste planteartene vi dyrker (C3-planter) kan utnytte en høyere CO₂-konsentrasjon til økt tilvekst. I veksthus utnytter man muligheten som ligger i å holde en høyere CO₂-konsentrasjon i plantenes atmosfære enn i utelufta, og avhengig av kostnaden med CO₂, anbefales vanligvis en konsentrasjon på 600 – 1000 ppm. Tilføres ikke veksthuset CO₂ kan CO₂-nivået i perioder av året gå til dels betydelig under utenivå. Det gjelder særlig for tette veksthus og i perioder med godt lys, vindstille og lav utetemperatur (for eksempel i februar/mars). I moderne veksthus er en tilførsel på ca. 10 g/m²/t ofte tilstrekkelig for å opprettholde en ønsket CO₂-konsentrasjon når det ikke luftes.

6.2.4 Luftfuktighet

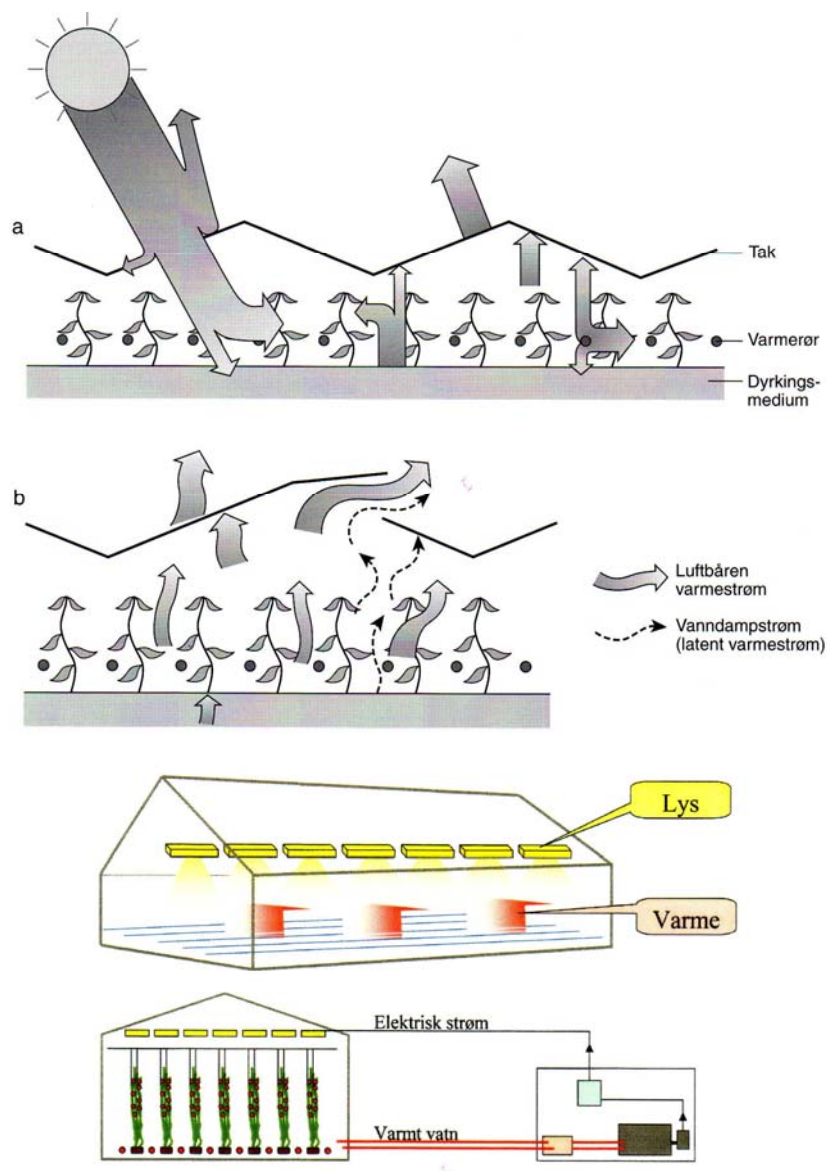
Luftfuktigheten bør være tilpasset plantearten og den bør variere gjennom døgnet. Vanndampen i lufta er en viktig faktor for planteveksten, næringsopptaket og sykdomsangrep. Samtidig er luftfuktigheten en viktig faktor i energibalansen. Plantenes transpirasjon er i et balanseforhold til luftfuktigheten (også de andre klimafaktorene) og både plantene selv, og ikke minst veksthuskonstruksjonen (vegger og tak) er kondensflater. Lufting reduserer luftfuktigheten (erstatte med uteluft med lavere relativ fuktighet).

⁴ Parts per million.

6.3 Energi og CO₂ til norske veksthus

6.3.1 Energi til norske veksthus

Planteproduksjon i veksthus er energikrevende både fordi plantene som normalt dyrkes i veksthus krever relativ høy temperatur og mye lys (i forhold til de naturlige lysforholdene) og fordi produksjonen foregår i bygninger med stort varmetap. Samtidig er bygningene energisamlere og den indre energibalansen må justeres med utlufting av overskuddsvarme og tilførsel av varme (vannbåren varme og stråling fra plantebelysning), Figur 6-5. Vanndampen er også en viktig faktor i energibalansen.



Figur 6-5. Over: En forenklet energibalanse i et veksthus. Kortbølget stråling blir både reflektert og omdannet til termisk energi i veksthuset. Figur (a) viser termisk eller langbølget stråling fra veksthusrommet og fra bygningen, mens (b) viser latente varmestrømmer (vanndamp) og luftbårne varmestrømmer (Bakker et al. 1995). Under: Skisse av tilførsel av lys og varme i veksthuset (Nesbø Rådgivning 2004/Fjord consulting <http://www.fjord.cc/>).

Den norske veksthusnæringen bruker anslagsvis vel 1000 GWh per år. Den primære energikilden er i dag elektrisitet fulgt av naturgass/propan. Elektrisk energi er både fleksibel (lys, varme) og enkel i bruk. Olje er i dag mest å betrakte som "back-up". I Rogaland er det nå 103 gartnerier knyttet til Lyses gassnettverk og veksthusnæringen bruker naturgass tilsvarende ca. 180 GWh per år (nesten 50 prosent av rør-transmittert naturgass i Rogaland). Leveransene er basert på avtaler med den enkelte bedrift.

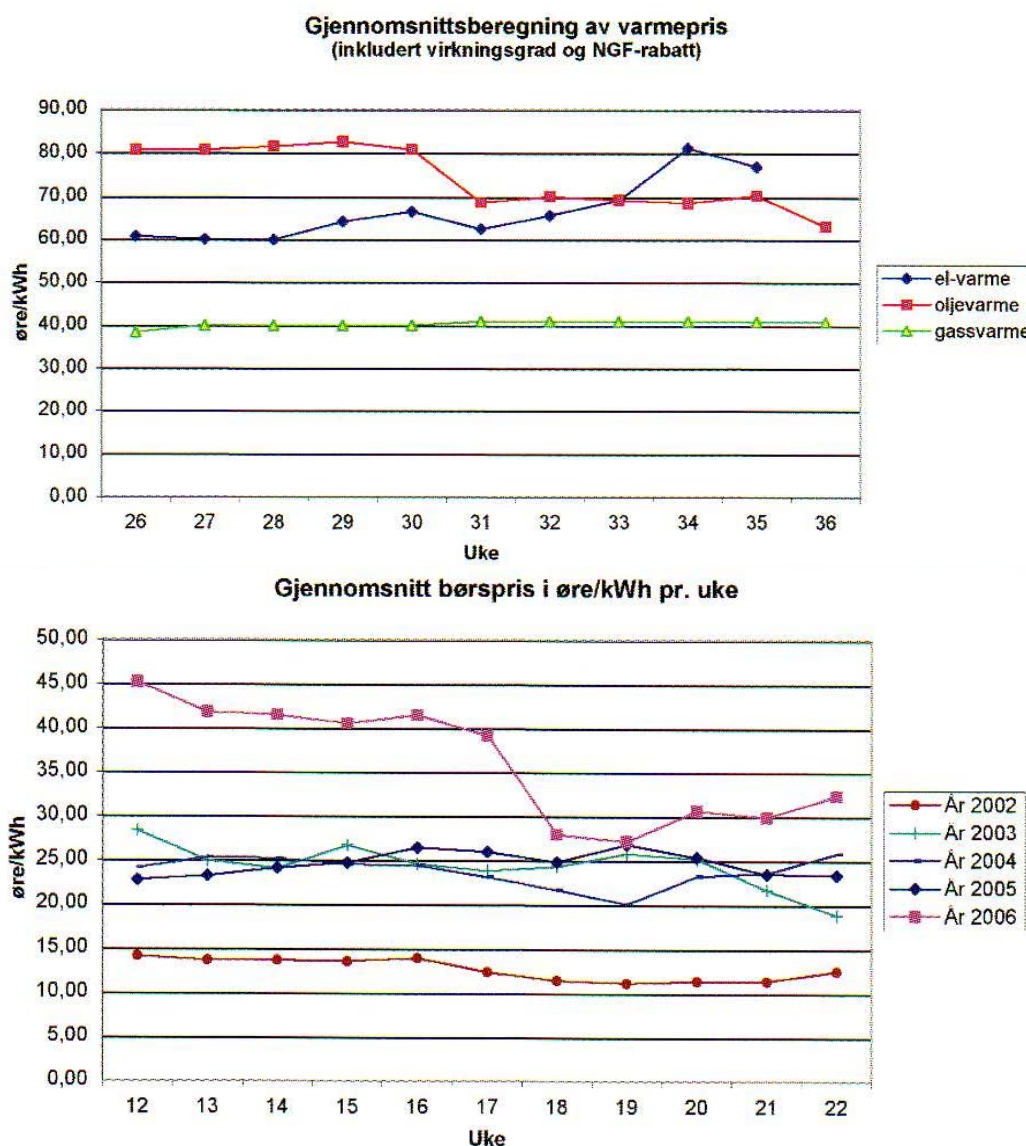
Energi er den største utgiftsposten i intensiv planteproduksjon i veksthus. Av kostnadene er 30-40 prosent, og gjerne høyere, knyttet til kjøp av energi. Manglende leveringsdyktighet av elektrisk kraft er forventet å inntre i visse geografiske områder.

Også hos viktige konkurrenter (Danmark og Nederland) som leverer til det norske markedet for prydplanter og veksthusgrønnsaker er energikostnaden blitt stadig viktigere. En sterk økning i energikostnadene (forventet økning i 2006 på 51 prosent) har blant annet ført til økonomiske problemer i dansk veksthusnæring. I Nederland har energiprisen vært lav (naturgass), men fornyelse av avtaler bidrar sterkt til en økt energikostnad.

Veksthusnæringen har gjennom Norsk Gartnerforbund (NGF) en sentral avtale med Norske Shell om levering av energi. Denne avtalen er prissettende i markedet. Gjennom avtalen kan de enkelte gartneribedriftene eller grupper av disse bl.a. inngå langsiktige avtaler om levering av el-kraft. Avtalene sikrer priser på deler av kraftbehovet, resten av el-kraftbehovet dekkes av markedskraft. Ofte velger bedriftene å bruke uprioritert kraft, da dette gir en lavere overføringskostnad, men dette forutsetter at de har annen energibærer tilgjengelig (oftest oljekjel) ved eventuell utkobling. Noe av lyset kan også være på uprioritert kraft. Veksthusnæringen budsjetterte i juni 2006 med en pris på 0,30 - 0,35 kr/kWh + overføring. Veksthusnæringen har fritak for forbruksavgift på el-kraft.

Veksthusnæringen har avtaler om reduserte priser på olje og gass (propan) gjennom samme leverandør. Propan er installert i en del gartnerier og er prismessig ofte på samme nivå som el-kraft. I tillegg kan mange utnytte CO₂ til økt plantevekst ved bruk av propan.

Figur 6-6 er basert på prisene gjennom Shell-avtalen der det er utregnet varmepris. Her er det inkludert både gjennomsnittlig overføring (7 øre) og virkningsgrad (varierer med energikilde og gjennom året fra 60 til 90 prosent).



Figur 6-6. Gjennomsnittsberegning av varmepris (inkludert virkningsgrad og NGF-rabatt) for uke 26-36 i 2006 (over) og figuren under (gjennomsnittlig børspris) for uke 12-22 er hentet direkte fra markedskraft uten noe påslag og overføringer (Anon 2006).

NGF-rabatter varierer med energikilden og behov hos den enkelte gartneribedrift. Dette er rabatter NGF forhandler fram sentralt basert på totalforbruket gjennom avtalen.

Energiforbruket varierer mye mellom anlegg. Gjennomsnittlig energiforbruk er 0,5-0,7 GWh per dekar per år, men kan i de mest intensive produksjoner komme opp mot 2 GWh per dekar per år. Helårsproduksjon av agurk (20 timer dag) er i dag den mest energikrevende kulturen, mens flere blomsterkulturer med kortere dagperiode (12-16 timers dag) krever mindre energi. En helårsproduksjon av tomat har nær det samme energibehovet som agurk. Trenden er at bruken av lys (fortrinnsvis lysnivået) øker.

Siden 2004 har det skjedd et paradigmeskifte i energiforsyningen til veksthusbedriftene i Rogaland. Alle veksthusbedriftene på Jæren, Finnøy, Rennesøy og Talje bruker naturgass og over 90 prosent av bedriftene som produserer tomat i Rogaland bruker naturgass (Syversen,

2006). Nesten 50 prosent av den naturgassen som Lyse leverer i Rogaland går til veksthusnæringen (2005).

6.3.2 Karbondioksid til planter i veksthus

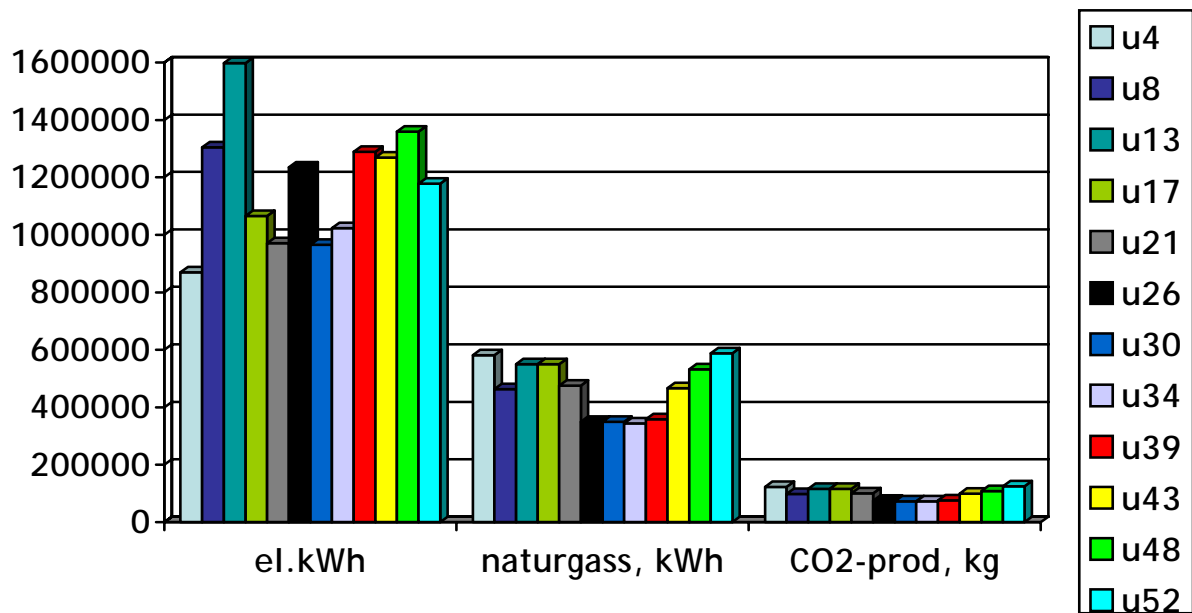
I veksthus er det mulighet for holde en høyere CO₂-konsentrasjon enn i utelufta. Luftutvekslingen som bestandig vil være med utelufta (avhengig av husets tetthet) fører til en viss lekkasje av tilført CO₂. Når lufttemperaturen går over ønsket temperatur for plantene, blir den varme innelufta sluppet ut gjennom luker i taket og erstattet med kjøligere uteluft. I slike situasjoner er det vanskelig, om ikke umulig, å opprettholde en betydelig forhøyet CO₂-konsentrasjon. Til tross for et stort tap av CO₂, er det ganske vanlig å tilføre CO₂ også i slike situasjoner. Den høye temperaturen er normalt forårsaket av stor innstråling, og en utnyttelse av plantenes produksjonspotensial under slike gode lysforhold tilsier også en forhøyet CO₂-konsentrasjon. Forhøyet CO₂ kan også til en viss grad kompensere for lavt lysnivå. Derfor er det ønskelig med tilførsel av CO₂ også under dårlige lysforhold.

Tidligere var brenning av parafin og CO₂ fra flaske eller tank de to alternativene som forelå. Skadelige forbindelser i avgassen ved forbrenning av parafin (NO_x m.m.) begrenset bruken av parafin til få vekster (fortrinnsvis salat). De siste årene har CO₂ fra forbrenning av propan og naturgass blitt et alternativ. I veksthusbedriftene som i dag bruker naturgass i gasskjeler er avgassen CO₂-kilden. CO₂ eller varmen kan betraktes å være primær- eller sekundær innsatsfaktor i planteproduksjonen avhengig av verdiestimatet.

Det er to hovedprinsipper for brenning av gass i veksthus. Enten brukes CO₂-behovet eller varmebehovet som styringsparameter. I begge tilfellene vil det i perioder oppstå mer eller mindre overforbruk av den andre innsatsfaktoren. Et alternativ til å basere seg på for eksempel bare CO₂ fra naturgass vil være å supplere med CO₂ fra tank. Reduseres oppvarmingen fra bunnen (temperaturen på bunnvarmerørene senkes fra for eksempel 40-47°C til 35°C) av huset (for bl.a. å sikre luftsirkulasjon) blir behovet for gass til oppvarming redusert med redusert CO₂-produksjon som resultat. Manglende CO₂-tilførsel må da kompenseres med industrielt produsert CO₂.

6.3.3 Behov for energi og CO₂ i agurkproduksjonen - praktisk eksempel fra en bedrift

Agurk har et høyt lysbehov. Skal plantene produsere frukt iht. sitt potensial må de gi både kunstlys og en forhøyet CO₂-konsentrasjon. Kunstlys (for eksempel installert 200 W/m²) gir et lysnivå på ca. 25 000 lux (opp mot 300 µmol m⁻²s⁻¹) i toppen av plantene. Dataene nedenfor (Figur 6-7) er hentet fra fjorårets (2005) produksjon av agurk hos Norsk Agurk (Arne Joa, pers. meddel) i Sola. Totalt energiforbruk i bedriften kom på vel 19 mill. kWh.



Figur 6-7. Bruk av elektrisk kraft og naturgass, og produksjon av CO₂ i fireukersintervaller hos Norsk Agurk i 2005 (Arne Joa, pers. meddel).

Norsk Agurk 2005

- Totalt energiforbruk: 19 750 652 kWh, derav 28,4 % fra naturgass
- Lysnivå: 15-27 klx
- CO₂-tilførsel: 600 ppm
- Produksjon: 1500 tonn agurk
- Forbrenning av gassen produserte 1 186 260 kg CO₂. Regner man med at 50 % av CO₂ ble produsert i lysfasen, utgjør det 593 130 kg eller 7,7 g/m²/t. Hvis 2/3 av gassen ble brukt i lysfasen ble tilførselen av CO₂ 10,2 g/m²/t

7 Utfordringer og muligheter for veksthusnæringen

Den norske veksthusnæringen vil ha store utfordringer i å utvikle produkter og produksjonsteknikk i de kommende årene. Den må sikre sin markedsandel gjennom aktuelle og interessante produkter av høy kvalitet til en pris som forbrukerne aksepterer. Samtidig er det nødvendig at produksjonen er kostnadseffektiv og miljømessig god. En innsatsfaktor som energi er sentral i dette regnestykket. Det vil være nødvendig å utnytte ny og tilpasset teknologi i det å drifte veksthusanlegget og eventuelt være en operatør i et energimarked.

Den teknologiske utviklingen ved flere sider av det å drifte et veksthusanlegg gir interessante muligheter. Det gjelder f.eks. nye typer veksthus og energibærere og utnyttelse av disse.

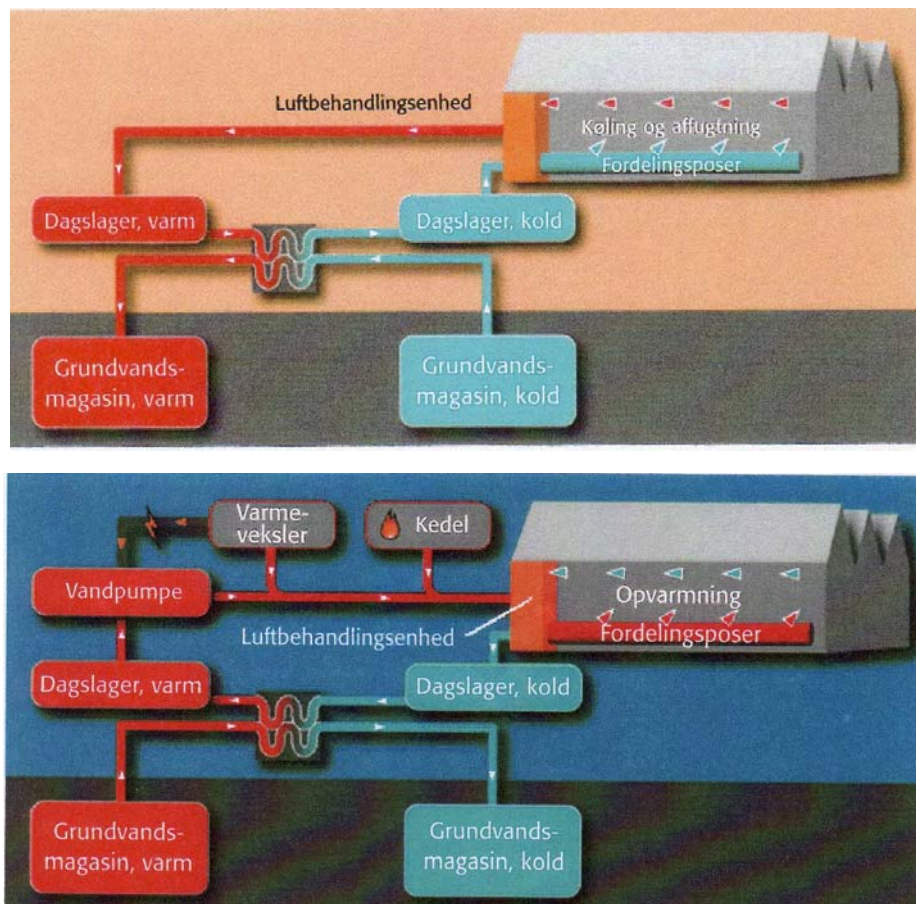
Å utnytte de mulighetene som kommer vil kunne ha konsekvenser for næringen med hensyn på f.eks. anleggsstørrelse og lokalisering av bedriftene.

7.1 Fra konvensjonelle anlegg til lukkede veksthus

Energitapet i veksthus er stort. På grunn av viktigheten av å utnytte det naturlige lyset maksimalt (lysenergi og termisk energi) må det nødvendigvis være et stort varmetap. Det reduseres ved bruk av gardiner (hindrer utstråling) og andre tiltak. For høy lufttemperatur som følge av innstråling kompenseres ved utlufting. Både innstrålingen utenfra og bruk av vekstlys inne i veksthuset medfører periodevis et varmeoverskudd. Et lukket anlegg vil bruke mindre energi samtidig som det gir muligheter til å holde en jevn og høy CO₂-konsentrasjon.

Konseptet med det lukkede veksthus ble utviklet i 1998 i Nederland for videre optimalisering av energibruken. Vanligvis forsvinner overflødig varme og fukt gjennom åpne luker (vinduer). I dette konseptet forblir vinduene lukket. Ideen er å kjøle ned lufta i veksthuset og lagre energi om dagen/sommeren og bruke denne energien til oppvarming om natten og vinteren.

Opplegget består av et lukket veksthus med tilhørende energisystem bestående av elektrisk kraft og lys, kjøle- og varmekilder, varmepumper, varmelagringstank og luftbehandlingsenhet, Figur 7-1. Vann fra en kjølekilde blir brukt for å kjøle og fukte ned lufta i luftbehandlingsenheten som deretter blir fordelt i veksthus gjennom luftrør plassert under dyrkingsrenner. Varme blir overført til akkumulatortanken (for mellomlagring) og varmekilder kan bli brukt om natten/vinteren ved hjelp av varmepumpene. Sesonglagring av varme skjer i grunnvannsbasseng (Köner & Thonning Skou 2006, Thonning Skou & Rysted 2006). For en optimal regulering av varme og kjøling er det utviklet et energistyringssystem som styrer samspillet mellom varmekilde, varmeakkumuleringstank og varmepumper.



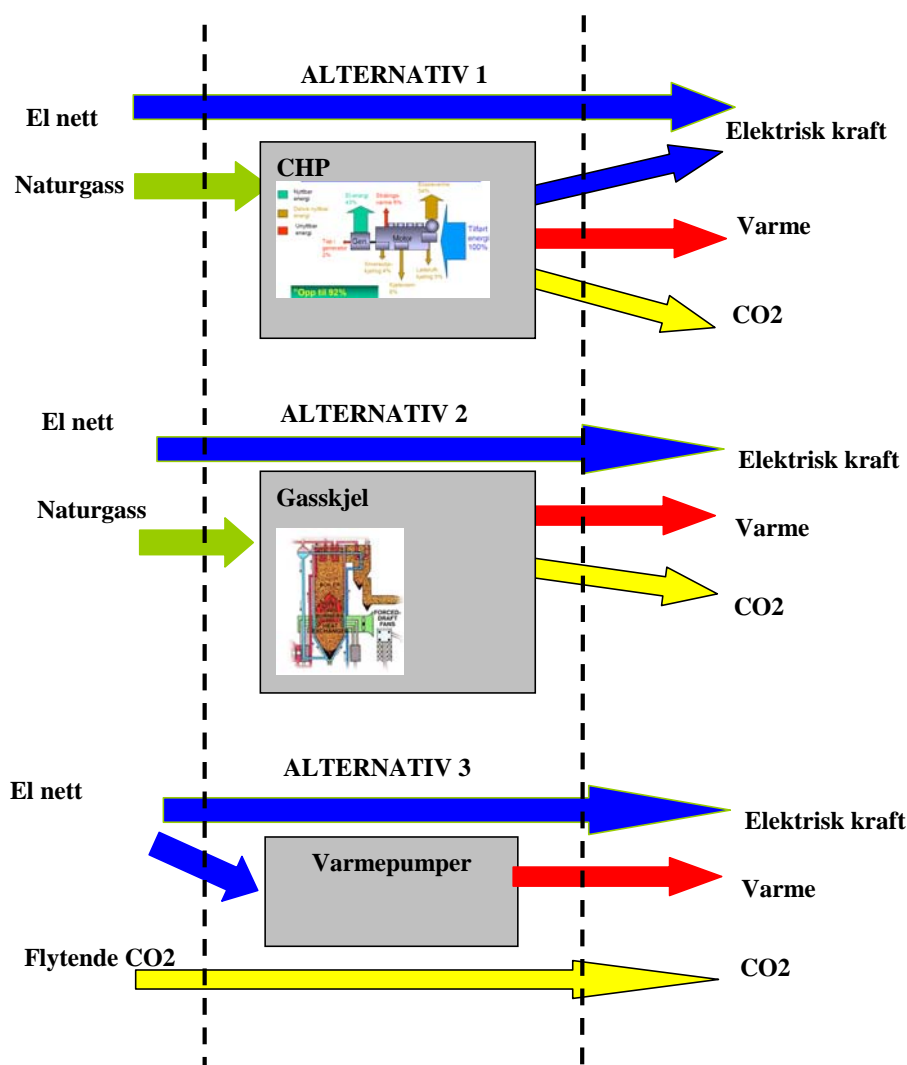
Figur 7-1. Skissetegninger for funksjoner i lukkede veksthus (Körner & Thonning Skou 2006).

Konseptet er testet i Nederland fra 1999 til 2002. Deretter har det blitt bygd flere kommersielle veksthus som tar i bruk deler av konseptet. Themato er det mest kjente. Anlegget har 14 000 m² lukket og 40 000 m² konvensjonelt veksthus. I de lukkede veksthusene holdes CO₂-konsentrasjonen på 1 000 ppm. Det har vist seg at opplegget fører til en forbedring i energieffektivitet på 34 % sammenlignet med et konvensjonelt veksthus. Det vil si at det med samme bruk av energi kan produseres flere enheter av produkt (for eksempel kg tomat). I tillegg reduseres CO₂-utslippene. Fordi lukene (vindue) er lukket kan CO₂-nivået i lufta holdes på et høyere nivå som fører til økt avling på ca. 20 %. Luftbehandlingen fører til en jevn temperatur og luftfuktighet og dermed til et mer optimalt dyrkingsklima. Det viser seg at det også fører til redusert angrep av skadedyr og sykdommer og dermed til redusert bruk av kjemiske plantevernmidler.

7.2 Naturgass som energibærer og CO₂-kilde

Bruk av naturgass som energikilde i veksthus har store muligheter, men både lønnsomhet og flere tekniske/praktiske forhold må optimaliseres for å sikre en mest mulig gunstig utnyttelse. Et sentralt spørsmål er i hvor stor grad man skal produsere energiprodukt som elektrisk kraft, varme/kjøling, og CO₂ lokalt sett i forhold til å kjøpe disse produktene fra en ekstern/sentral leverandør (Figur 7-2). Hvilke energi- og CO₂-løsninger som velges er avhengig av kostnader

ved kjøp av energi/CO₂, eventuelle inntekter ved salg av kraft eller varme til nærliggende brukere og investeringskostnader knyttet til de forskjellige alternativene.



Figur 7-2. Energileveranse til veksthus ved hjelp av CHP-anlegg, gasskjel i kombinasjon med elektrisk kraft fra nett, eller basert på elektrisk kraft i tillegg til flytende CO₂.

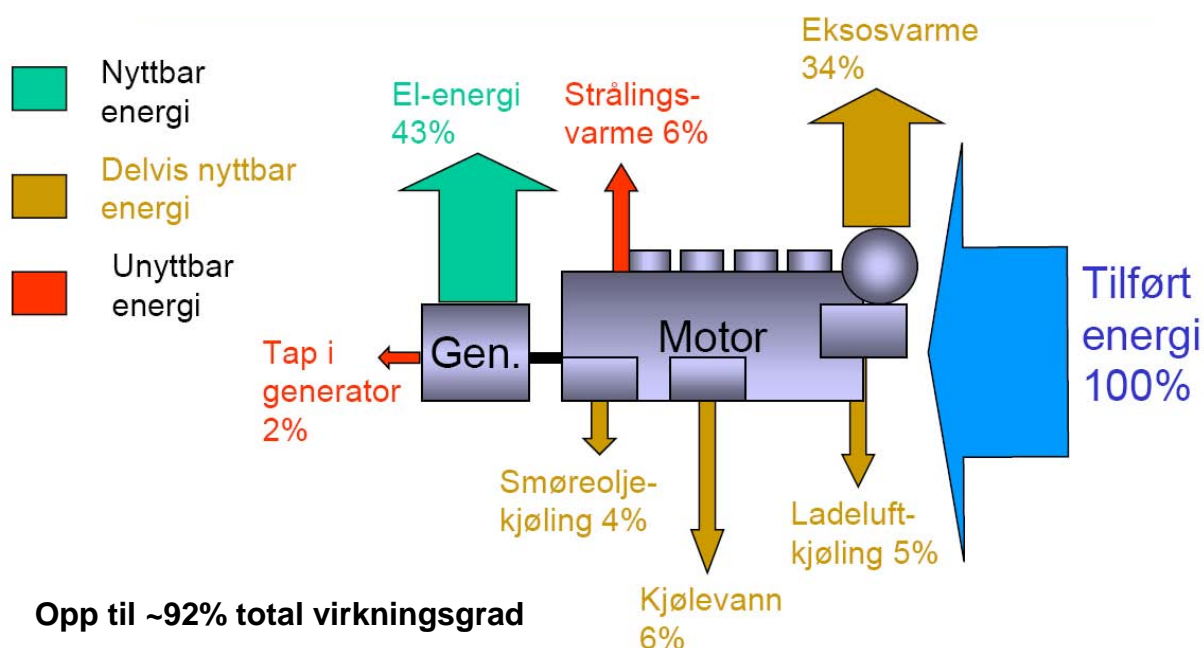
Veksthusnæringen har behov for energi både i form av varme og el (primært til belysning), samt at en forhøyet CO₂-konsentrasjon brukes for å øke produksjonen (kapittel 6.3.2). Forbrenning av naturgass i gasskjeler, eller ved forbrenning av propan, gir en avgass som kan nyttes som CO₂-kilde. Tilførsel av naturgass kan være via transmisjon i lavtrykks rørledning (for eksempel Lyses gassrørnett) til garteriene, eller i form av LNG⁵ eller CNG⁶ hvor et rørdistribusjonsnett ikke er tilgjengelig. Et gassrørnett i gartnerikonsentrasjonene på Østlandet vil utløse nye muligheter for gartneribedriftene der. Det samme vil det gjøre i Frosta i Nord-Trøndelag. Selv om forutsetningene for bruk av naturgass i veksthusnæringen i dag ligger best til rette i Rogaland (gassrørnett og volum/tetthet av gartnerier), bør det arbeides for at mulighetene kan komme på plass i andre regioner.

⁵ Liquified Natural Gas. Naturgass gjort flytende ved kjøling til -163 °C.

⁶ Compressed Natural Gas. Naturgass komprimert til høyt trykk, typisk 200 bar.

Ved bruk av naturgassbaserte CHP-anlegg kan man benytte naturgass til å produsere både elektrisk strøm, varme/evt. kjøling og en CO₂-rik avgass som – dersom konsentrasjonen av NO_x, CO og hydrokarboner er lav nok – kan brukes direkte til å øke CO₂-konsentrasjonen i veksthuset. I tillegg til renhetskravet til avgassen, er det en rekke problemstillinger hva angår energiøkonomisk styring som er aktuelle i gartneribedriftene, og som i særlig grad aktualiseres ved en eventuell introduksjon av CHP-anlegg.

7.2.1 Kombinert kraft/varmeproduksjon i veksthus



Figur 7-3. Prinsippskisse for CHP-anlegg, som viser hvordan den totale virkningsgraden kan være over 90 prosent. Dette er illustrert med fordelingen mellom elektrisk energi (grønt), delvis nyttbar varmeenergi (gult) og unyttbar varmeenergi (rødt). Fra Bernson (2002).

Det er en rekke måter for veksthusnæringen å dekke sitt behov for varme, elektrisitet og CO₂ til produksjonsprosessen på (Figur 7-2). CHP-anlegg representerer et alternativ som kan fylle alle disse behovene samtidig. For en innføring i CHP-teknologi refereres det for eksempel til Cogen Europe (2001) og Næsheim (2005). Knoph *et al.* (2004) har også i en rapport fra Polytec analysert mulighetene som finnes for å bruke CHP i veksthus i Rogaland.

Figur 7-3 viser prinsippskissen for et CHP-anlegg, der den tilførte energien fra naturgass (eller andre brensler) omdannes til nyttbar el og varme og en liten del ikke-nyttbar varme.

Prinsippet for et CHP-system er at brenselet blir brukt til å drive en generator, samtidig som spillvarmen kan utnyttes til lokal oppvarming, eller som fjernvarme til omkringliggende industri, boliger eller næringsbygg. Siden et veksthus også har et betydelig varmebehov, og CO₂ i røkgassen kan benyttes i produksjonsprosessen, er CHP-system i utgangspunktet en nærliggende energiløsning for veksthusnæringen.

CHP-løsninger er foreløpig ikke brukt i norske veksthus. Blant annet har prisen på nettlevert elektrisk kraft gjort det lite aktuelt med egenproduksjon av el. I andre land, hvor kostnaden

på elektrisk kraft er høyere, blant annet Nederland, er CHP-løsninger i bruk. Inntekter ved levering av elektrisk kraft til nettet er også en del av helhetsbildet.

Lys og varmebehovet i Norge er forskjellig fra land på sørligere breddegrader med større behov for kunstig lys i vinterhalvåret, samtidig som det også brukes mye lys i sommerhalvåret. Det betyr at CHP-anlegg som skal brukes i norske veksthus vil både måtte dimensjoneres og opereres annerledes enn det som er vanlig i land lenger sør i Europa.

Det er flere alternative tilgjengelige teknologier for CHP-anlegg som kan tilpasses veksthus. Elektrisitet og varme fra naturgass kan produseres ved hjelp av gassmotorer eller turbiner. Framtidige løsninger kan også i prinsippet involvere mer moderne energikonverterings-systemer som brenselceller eller Stirlingmaskiner. Valg av teknologi styres blant annet av størrelsen på anlegget og krav til renhet på avgassen.

7.2.2 Energi- og klimastyring i veksthus

Mens det i vinterhalvåret er et betydelig behov for både lys og varme i norske veksthus, kan gjerne temperaturen bli for høy om sommeren. Dette løses vanligvis ved bruk av gardiner for å redusere innstrålingen, og ved utlufting. Begge løsningene har visse ulemper. Det er på den ene siden hensiktsmessig å utnytte mest mulig av det naturlige sollyset, og utstrakt solskjerming kan gi dårligere vekst og utvikling enn det en kunne ha oppnådd med større innstråling. Når utlufting blir gjort for å holde nede temperaturen i veksthuset, tapes betydelige deler av tilført CO₂. Delvis blir tapet erstattet med økt CO₂-tilførsel. Både energi- og CO₂-regnskapet blir dermed svakt, og mulighetene for å holde en jevn og høy konsentrasjon av CO₂ blir mindre. Lufting brukes også for å justere luftfuktigheten.

Integrering av veksthusets varmesystem med eksterne sekundærbrukere kan være et alternativ for å bedre energiregnskapet. På den måten kan veksthuset levere varme når det har overskudd (i sommerhalvåret) og eventuelt også motta varme fra fjern/nærvarmenettet det er tilknyttet (i vinterhalvåret). Både varmebehovet og behovet for ulike typer energi varierer gjennom døgnet. Lokalisering av større veksthusanlegg i tilknytning til en sekundær varmebruker vil være økonomisk fordelaktig for den enkelte bedrift.

Bruk av varmelagring (i akkumulatortanker) kan være et alternativ eller komplement til integrering av veksthuset med andre varmebrukere. Dette kan bidra til å forbedre energiutnyttelsen. Ved bruk av varmeakkumulering kan anlegget lagre varme når det har overskudd (om dagen) og motta varmen når det er underskudd (om natten), eventuelt levere til annen energibruker. Energikostnader til oppvarming og tap av CO₂ fra veksthuset kan dermed reduseres betydelig. For veksthus basert på CHP-anlegg er det i europeisk sammenheng vanlig å benytte varmelagring på døgnbasis som en del av det totale systemet.

Bruk av sesonglagring av termisk energi kan også være en interessant mulighet som bør utredes nærmere for norske forhold. Man dumper da overskuddsvarme til grunnen i sesong med overskuddsvarme (vår/sommer) og dette hentes opp igjen om høsten og vinteren. Slik energilagring foregår i mange prosjekter i Europa, men er i liten grad forsøkt brukt i Norge.

Leveransen av energi mot eventuelle sekundærbrukere og mot lagring og uttak fra "varmelageret" må integreres i klimastyringsanlegget.

Ulike konsepter for slike anlegg må gjennomgås og vurderes med tanke på norske forhold. Klimastyringssystemene i norske veksthus er de samme som brukes for øvrig i Vest-Europa. Den viktigste leverandøren er i dag det nederlandske selskapet *Priva* som er leverandør av

systemer for overvåking og styring av inneklima og energibruk spesialtilpasset veksthusnæringen.

7.3 Valg av tekniske løsninger for veksthusnæringen

Beslutningsprosessen for å kunne velge riktig energiløsning og riktige styringssystem i kommersielle veksthusanlegg, avhenger av mange faktorer. Man har en relativt kompleks beslutnings- og optimaliseringsprosess i forhold til valg av energisystem og i forhold til operasjon og effektiv styring av anlegget.

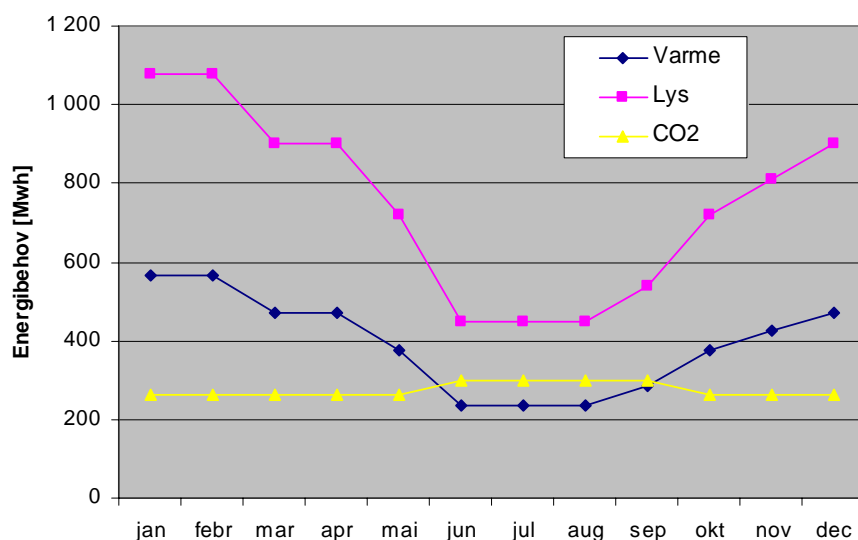
Energiøkonomisering for veksthusbransjen er et hovedfokus i det videre arbeidet i prosjektet. Som en del av forprosjektet er det blitt startet et arbeid med å bygge et modellverktøy som skal kunne benyttes til å evaluere økonomien i aktuelle løsninger. Anvendelse av modellverktøyet for å gjøre omfattende analyser av energiløsninger for gitte veksthuscase er ikke utført som del av forprosjektet, men vil være en naturlig kontinuasjon av dette. Som en del av et videre arbeid tas det sikte på å utvikle et brukervennlig modellverktøy som gartneren kan benytte for å evaluere forskjellige aktuelle energiløsninger både med hensyn på tekniske kvaliteter og økonomi.

7.3.1 Tekniske krav

Vurdering av lønnsomhet og praktiske forhold omkring bruk av naturgass i veksthus er relativt komplekst fordi mange parametere spiller inn og fordi muligheten til lønnsomhet ligger i kombinasjonsløsninger hvor flere energiprodusenter og brukere spiller sammen. Vurderingene dreier seg blant annet om dimensjonering og optimalisering etter flere ulike parametere, som el-, varme- og CO₂-behov fra primær- og sekundærbrukere, aktuelle markedspriser på energi, og investeringskostnadene for ulike utstyrskombinasjoner. Siden behovet for belysning er større i Norge enn i mange andre land og siden prisregimet på energiprodukt også skiller seg vesentlig ut, er det ikke uten videre rett fram å benytte seg av erfaringer fra andre land.

Energisystemet tilknyttet et veksthus skal kunne levere elektrisk strøm til belysning, varme og CO₂, og eventuelt kulde til temperaturregulering. Energiproduktene er innsatsfaktorer som varierer gjennom året og som også har en typisk døgnkarakteristikk. I dimensjoneringen av energisystemet vil man måtte forholde seg både til en gitt totalkapasitet og til krav om å kunne betjene belastningstopper.

Eksempler på årsforbruk av energi er vist i Figur 7-4 med tilhørende dimensjonskrav gitt i Tabell 7-1.



Figur 7-4. Typisk årsfordeling av energiforbruk i et 10 000 m² agurkveksthus. CO₂-behovet er gitt i brenselsekvivalenter⁷.

Tabell 7-1. Eksempel på dimensjonskrav til typisk energisystem i 10 000 m² veksthus med agurkproduksjon. Tilsvarende data som i Figur 7-4.

Energibehov			
	Maximum	Gjennomsnitt	
Varme	1005	539	kW
Lys	5455	1027	kW
CO2	99	75	kg/h
CO2 - Brenselekv.	495	377	kW

Hvilken parameter som skal være dimensjonerende (varme, lys, CO₂) og hvilken type energisystem som er optimalt kan variere fra tilfelle til tilfelle og av mulige kombinasjonsløsninger med sekundærbrukere.

Optimal dimensjonen på akkumulatortanker avhenger av graden av døgnvariasjoner til varmebehovet og av sammenhengen mellom lys, varme og CO₂-behov. Erfaringer fra veksthusproduksjon i eksempelvis Nederland kan derfor ikke overføres direkte til norske forhold.

Når CHP-anlegget eller gassbrenner skal benyttes til å produsere CO₂, er krav til renhet på avgassene en avgjørende faktor. Spesielt må man i design av anlegg sørge for at utslipp av nitrogenoksider (NO_x) holdes på et tilstrekkelig lavt nivå. NO_x kan skade enkelte plantearter selv ved svært lave konsentrasjoner. Det anbefales ikke å holde høyere NO_x-konsentrasjon i veksthus enn 0,1-0,3 ppm avhengig av lysforhold og hvilken kultur som dyrkes. En må ofte blande inn friskluft for å komme ned i dette området. Avgass fra gassmotorer må gjennom en renseprosess for å redusere NO_x-innholdet ([Greenox-anlegg](#)), mens avgass fra gassturbindrevneanlegg kan benyttes direkte i veksthusene da eksosen fra disse har lavere NO_x-innhold. Det samme gjelder for avgass fra gasskjel med lav-NO_x-brenner (Knoph *et al.* 2004).

⁷ Hvor mye naturgass man må brenne for å produsere ønsket mengde CO₂.

7.3.2 Økonomi

Energiøkonomisering er et sentralt tema for å gjøre norsk veksthusnæring mer konkurransedyktig. Det dreier seg da både om å ta de riktige beslutninger i forhold til investering i utstyr og å kunne operere/styre det energisystemet man har valg på en mest mulig kostnadseffektiv måte.

Når det gjelder valg av energisystem er det sentrale spørsmålet i hvor stor grad det vil lønne seg å kjøpe energiprodukt fra eksterne produsenter i forhold til å produsere dette selv (se også Figur 7-2):

- **Elektrisk kraft** til belysning kan kjøpes fra energileverandørene levert via el-nettet i området eller det kan produseres lokalt fra gass/olje ved hjelp av CHP-anlegg.
- **Varme** kan kjøpes fra fjernvarmenett hvis det er tilgjengelig, det kan baseres på elektrisk kraft i kombinasjon med varmepumper, eller det kan produseres lokalt ved hjelp av gass-/olje-/bioenergi-kjeler/brennere eller ved å utnytte spillvarmen fra CHP-anlegg.
- **CO₂** kan kjøpes i flytende form på flasker/tank, eller det kan produseres lokalt ved å utnytte CO₂-produksjonen fra forbrenningsprosessen i gasskjel eller CHP-anlegg.
- **Kjøling** baseres tradisjonelt på lufting, men man kan også tenke seg bruk av gass- eller elektrisk baserte kjølemaskiner i lukkede veksthus.

I spørsmålet omkring valg av energiløsning og hvilke parametere som skal være dimensjonerende (lysbehov, varmebehov, CO₂-behov), er det flere faktorer som er avgjørende:

- Markedspris på elektrisk strøm, varme, CO₂, gass, olje
- Investerings- og driftskostnader på kraft/varmeutstyr og eventuelt varmeakkumuleringsystem.
- Energibehov og forhold mellom lys/varme/CO₂ i en gitt veksthusproduksjon.
- Døgn- og årsvariasjon og spisslastbehov.
- Mulig kobling mot sekundærbrukere og tilgjengelighet av infrastruktur som kan motta overskuddsenergien (elektrisk kraft og varme).

Gjennom kombinasjonsløsninger, hvor flere brukere samordner sitt energibehov, kan man oppnå en stor totalutnyttelse av produsert energi og dermed forbedret økonomi. Utfordringen er å identifisere brukere som kompletterer hverandre behovsmessig.

Ut fra indikative økonomiske betraktninger gjort i forprosjektet og fra tidligere analyser omkring bruk av gassbasert CHP-utstyr i veksthusnæringene (Knoph *et al.* 2004), kan man konkludere med at det med rådende prisnivå vil være vanskelig å få til en god nok økonomi til å kunne forsvare investering i CHP-anlegg hvis disse ikke kan integreres med sekundærbrukere eller varmelagre som gjør at energitutnyttelsesgraden maksimiseres. I de fleste eksisterende veksthus er det fortsatt mer kostnadseffektivt å basere energisystemet på gassbaserte varmekjeler i kombinasjon med elektrisk kraft fra det sentrale nettet. Det er imidlertid så store energimengder i omløp i veksthusene, at relativt små endringer i priser eller rammevilkår kan gi store konsekvenser for økonomien til den ene eller andre energiløsningen.

Muligheten for at lokal kraft/varmeproduksjon ved hjelp av CHP-anlegg kan bli lønnsomt ligger i:

- Store enheter eller klynger av brukere (også andre enn veksthus, komplementære energibrukere) som gjør at man kan investere i større CHP-maskiner med tilhørende reduksjon i investeringskostnadene per produsert energienhet.

- Kombinasjonsløsninger der brukere med et komplementært energibehov kan utfylle hverandre og dermed gi en god total utnyttelsesgrad av energiproduktene (kraft/varme/CO₂). Utfordringen i Norge, hvor veksthusnæringen har et stort lysbehov, er å knytte til seg sekundærbrukere som kan benytte store mengder overskuddsvarme.
- Økt prisdifferanse mellom elektrisk kraft og gass som brensel.
- Forbedrede rammebetingelser for bruk av CHP-system begrunnet ut fra miljøhensyn og redusert behov for nett. Bruk av CHP-anlegg i veksthussammenheng er en høyeffektiv anvendelse av naturgass som brensel (man kan i gunstige tilfeller argumentere for en totalvirkningsgrad større enn 100 % fordi man utnytter CO₂ i tillegg til den termiske energien).
- Integrering av fleksible CHP-styringssystem som er i stand til å respondere raskt på endringer i kraftpris og som dermed kan bidra til å øke gjennomsnittsprisen for kraft levert til nettet samtidig som gjennomsnittskostnaden for kjøpt kraft blir lavere.
- Gode avtaler med netteier for leveranse av elektrisk kraft til det sentrale nettet som tar hensyn til at dette kan bidra til avlastning av nettet og dermed til redusert behov for nye nettinvesteringer.

7.3.3 Energistyring

I driftsfasen er det utfordringer knyttet til hvordan energisystemet best skal opereres. Når man først har valgt å gå for en gitt løsning for energisystemet tilknyttet et veksthus, er neste utfordring å konstruere et styringssystem som opererer energiproduksjonen og energibruken på en mest mulig kostnadseffektiv måte. Spørsmålene dreier seg da om hvor mye energi man til enhver tid skal produsere ved hjelp av eget utstyr og hvor mye som skal kjøpes eksternt. Styringsparametrene inkluderer faktorer som:

- Tilgjengelighet og markedspris på el, gass, varme og CO₂.
- Aktuelt energibehov i veksthus.
- Aktuelt energibehov hos sekundærbruker.
- Service og vedlikeholdsrutiner på utstyr.

Å utvikle energistyringssystem med rutiner som er spesialtilpasset norsk veksthusproduksjon, og som dermed kan bidra til å redusere energikostnadene for gartnerne, vil være et sentralt tema i et eventuelt hovedprosjekt.

7.3.4 Aktuelle lokaliseringer (geografisk/logistisk) av veksthusanlegg ved bruk av gass

Bruk av gass vil nødvendigvis påvirke lokalisering av og utnyttelse av konkurransefordelen knyttet til en innsatsfaktor i stor og liten skala. Hvilke geografiske deler av landet vil ha fordeler, hvilke taper? I tillegg vil lokal plassering være et konkurranseelement.

Rogaland har fått etablert en infrastruktur for naturgass som store deler av gartnerinæringen i fylket er knyttet til. Gartnerinæringen i andre deler av landet har ikke denne tilgangen på energi og CO₂. Alternativet for andre gartnerier kan være LNG i de områdene hvor industri og annen næringsvirksomhet bruker gass som energibærer. En utbygging av infrastrukturen for naturgass, eventuelt lokal utbygging av distribusjonen av LNG, vil kunne påvirke lokaliseringen av framtidige veksthusanlegg.

Lokalt vil eierne av gartnerier vurdere forholdene og mulighetene til potensielle sekundærbruker av termisk energi opp mot verdien av energien. Lokalisering er også et spørsmål om tomteverdi. Tomteverdi (eiendomsverdien) til veksthusanlegget (gjelder både ved kjøp og salg) i nær tilknytning til en sekundærbruker må ses opp mot inntjeningen ved salg av energien.

7.3.5 Eie- og driftsforhold.

Et spørsmål som vil bli analysert i det videre arbeidet er aktuelle eierstrukturer for energisystemet som er tilknyttet veksthusene. Et scenario kan være samdrift av flere gartnerier som ligger geografisk nær hverandre slik at de kan forsynes med CO₂, varme og el fra et sentralt fyrhus med en eller flere CHP-anlegg og kjele med lav-NO_x-brenner. Etablering av et "multi utility"-selskap som finansierer, bygger og driver anlegget og distribusjonssystemet for varme, CO₂ og el er en mulighet. Selskapet vil være gasskjøper og eier av energiproduserende utstyr. Hvert gartneri kjøper CO₂, varme og el etter langsiktige avtaler. Overskudd av varme og evt. el kan selges av driftselskapet til andre kunder til markedspris. Dette kan for eksempel også være del av et fjernvarmeanlegg. Man kan også tenke seg at et slikt multi utility-selskap betjener veksthusbransjen med styringssystem for å optimalisere energifordelingen og klimaanlegget lokalt i selve veksthuset.

7.4 Hva bør man kunne mer om?

Introduksjon av naturgass som energibærer i norske veksthusbedrifter utløser en rekke spørsmål som det er behov for å få bedre kunnskap om. De er både teoretiske og delvis operative (i et hovedprosjekt). Spørsmålene er av ulik art:

- Politiske/næringspolitiske
- Næringsmessige (i den forstand at gartneribedriftene vil være komplementær til annen nærings- eller samfunnsaktivitet og at økonomien får en ny pilar)
- Produksjonstekniske (klimastyring, flerspektret utnyttelse av energibæreren)
- Valg av lukkede versus tradisjonelle veksthus/videreutviklede tradisjonelle veksthus/halvlukkede veksthus
- Valg av energisystem
- Klimastyring - reguleringsteknikk (lys/varme/CO₂/luftfuktighet)
- Varmelagring på døgn- eller sesongbasis
- Overskuddsvarme/sekundærbruker av energi
- Testing av aktuelle energisystemer (drift, effektutnyttelse, økonomi)

8 Forslag til hovedprosjekt

Et eventuelt hovedprosjekt vil omfatte følgende tema:

- Budsjettering av projektkostnader - investeringer og drift
- Etablere dialog med næringen, myndigheter og forvaltning
- Design, prosjektering og bygging av teknisk anlegg
 - Veksthus - tradisjonelt/halvt lukket/lukket
 - Energisystem - type, dimensjon, varmelagring, ekstern integrasjon
 - Klimareguleringsutstyr
- Forskningsoppgaver
 - Produksjonsteknologi
 - Energistyring
 - Beslutningsverktøy for energisystem

8.1 FoU-oppgaver i et hovedprosjekt

Følgende oppgaver er tenkt gjennomført som del av hovedprosjektet. Et forsøksveksthus med tilhørende fleksible energiløsninger vil kunne fungere som laboratorium for å kunne utføre slike FoU-aktiviteter.

8.1.1 Produksjonsteknologi

Det energi-tekniske utviklingsarbeidet medfører produksjonstekniske tilpasninger, og det er i mange tilfeller vanskelig å holde de atskilt. Det vil ofte være slik at en måler effekten av en teknisk tilpasning på produksjon og kvalitet på plantene/planteproduktene. FoU-oppgaver som er aktuelle i tilknytning til anlegget er:

- Avfukting (hastighet/nivå/tid i døgnet) - energioppsamling
- Oppvarmingssystemer/kjølesystemer
- Isolering (tradisjonelle gardiner/gardiner med solceller)
- Klimastyring for optimal produksjon
 - CO₂; nivå/tid/kultur
 - Temperatur; optimalisering
 - Luftfuktighet; avfukting (heving/senking), patogener
 - Lys; belysningsstrategi, naturlig lys/innstråling (utnyttning av naturlig lys)
 - Kunstlyskilder (dioder); lyskvalitet, jevnhet, lyssumstyring
- Overvåkning av planter med sensorer (termografi, klorofyllfluorescens) knyttet til klimastyringsanlegget

8.1.2 Energisystem

Beslutningsverktøy

Det skal utarbeides et teknøkonomisk beslutningsverktøy for investering i energisystem tilpasset norske veksthus. Verktøyet skal kunne benyttes av veksthusbransjen for å kunne evaluere og optimalisere aktuelle energisystemer for gitte applikasjoner, og skal kunne benyttes for å estimere og sammenligne investeringskostnader, driftsøkonomi, og teknisk godhet av forskjellige energiløsninger. Hensikten er å kunne tilby veksthusbransjen

muligheten for å kunne planlegge og investere riktig og for å kunne tilpasse energisystem til den aktuelle applikasjonen.

Valg av energiteknologi

Følgende avklaringer når det gjelder energisystemet er nødvendig å foreta i forbindelse med valg av tekniske løsninger for forsøksveksthuset:

- Valg av basisteknologi. Det finnes flere alternative teknologier for CHP-anlegg basert på gassmotorer eller gassturbiner. Man kan også se for seg andre løsninger basert på elektrisk kraft fra nett, varmepumper og kjøp av flytende CO₂ eller tradisjonelle gasskjeler til oppvarming og produksjon av CO₂. Valget av løsning må tilpasses forsøksveksthuset, men hovedfokus vil være å konstruere et system som kan representere aktuelle og framtidsrettede kommersielle anvendelser.
- Optimalisering for elektrisitet-/varme-/CO₂-leveranser – CHP tilpasset norske forhold.
- Dimensjonering av anlegg. En teknisk/økonomisk avklaring av hvilken parameter anlegget bør dimensjoneres etter er nødvendig. Mulighetene for avsetning av overskuddsvarme og kostnader på gass og el er forutsetninger.
- Kostnadene ved de ulike kombinasjonsløsningene må evalueres og sammenlignes for å danne et godt beslutningsgrunnlag.
- Systemer for varmelagring på døgn- og årstidsbasis skal vurderes.

CO₂-kvalitet

Renhetskravene til avgassen i forbindelse med CO₂-tilførsel er knyttet til følgende problemstillinger:

- En vurdering av krav til rensing av NO_x, uforbrente hydrokarboner, CO og eventuelle andre forurensninger må gjøres for de ulike forbrenningsalternativene. Vurderingen baseres på spesifikasjoner av tålegrenser for ulike typer planter.
- Ulike renseteknikker for NO_x-reduksjon må vurderes. En vurdering av avgassens renhet for de ulike forbrenningsteknikkene må utføres, det vil si for gasskjel, motor og turbin. Kostnadene forbundet med rensing av avgassen skal vurderes.

Styringssystem

Ved etablering av et klimastyrt veksthus, vil det være en rekke utfordringer knyttet til utviklingen av styringssystemer. Denne delen av prosjektet vil det være naturlig å gjennomføre i samarbeid med en produsent av klimastyringssystemer. Aktuelle temaer er følgende:

- Utvikle rutiner for kostnadseffektiv kontroll av energi- og klimasystem for veksthusapplikasjoner. Det skal utvikles rutiner (i form av dataprogram og prosedyrer) for kostnadseffektiv, automatisert kontroll av energisystem og klimasystem tilpasset norske veksthus. Arbeidet vil være basert på eksperimentelt arbeid som utføres i forsøksveksthuset.
- Beskrivelse og vurdering av aktuelle klimastyringssystemer som er tilgjengelige i markedet.

- Utvikling av energistyringssystemer tilpasset norske forhold. Dette dreier seg blant annet om tilpasning til norske lys- og temperaturforhold - for ulike perioder i året.
- Gjennomføring av ekstern integrasjon av energisystemet, det vil si legge til rette for kjøp og salg av varme og elektrisitet til og fra nærliggende distribusjonssystem for energi.
- Driftsmessige forhold knyttet til klimastyrte veksthus skal beskrives og vurderes.
- Energiløsninger når det gjelder isolasjonsgrad, gardiner, doble plater etc. skal vurderes med hensyn på energiøkonomi.
- Varme- og luftdistribusjonssystem internt i veksthuset skal optimaliseres med hensyn på temperatur, CO₂-konsentrasjon og luftfuktighet for ulike typer planter.

Kombinasjonsløsninger

Ved implementering av CHP-anlegg i veksthus er det av interesse å vurdere integrasjon av anlegget i et distribuert kraft/varme/eventuelt kjølesystem i umiddelbar nærhet. Et slikt distribuert kraftanlegg er en del av planene for området i Risavika hvor forsøksveksthuset er tenkt lokalisert og man har dermed muligheten for å få erfaring med den type kombinasjonsløsninger. Følgende temaer er aktuelle:

- Samdrift med andre varmekonsumenter/produsenter bør vurderes. Veksthuset kan dermed levere varme når det har overskudd og tilsvarende motta varme når det har underskudd.
- Integrasjon med el-nettet vurderes med hensyn på økonomi og tekniske forhold.
- Eventuell samdrift med CO₂-produsenter i umiddelbar nærhet bør også vurderes. På den måten kan veksthuset motta CO₂ fra eksempelvis gassturbiner i nærheten.

8.2 Utstyr

For å kunne utføre de planlagte FoU-oppgavene på en best mulig måte, er det viktig at forsøksveksthuset designes med stor grad av fleksibilitet. Veksthuset skal kunne benyttes til å studere og optimalisere energisystem, klimastyringssystem og automatisert planteproduksjon.

Det tekniske anlegget omfatter:

- Veksthus - bygningsmasse
- Infrastruktur for naturgass, fjernvarme, fjernkjøling, el-nett
- Kraft/varme anlegg - turbin eller stempelmotorbasert
- Avgassrensing (Greenox)
- Varmepumper
- Varmeakkumuleringstanker
- CO₂-distribusjonssystem (både avgass og CO₂ fra tank)
- Varmefordelingsnett
- Fleksibelt energi- og klimakontrollsystem

8.3 Ressursbehov

Det tas her utgangspunkt i et forsøksveksthus med en grunnflate på ca. 2 000 m², der kostnadene er forbundet både med selve veksthuset (bygning, klimastyring og tilsvarende infrastruktur) og energisystemet (produksjon, distribusjon og eventuell lagring og ekstern utveksling av energi og CO₂). Kostnadene for investering og drift er foreløpige, og mer nøyaktige tall må skaffes til veie i designfasen av prosjektet.

8.3.1 Veksthus

Prosjektering av anlegget må drøftes konkret med leverandører av veksthus, med leverandører av klimareguleringsutstyr m.fl. De tanker, de skisser og den kunnskap som er ervervet i Danmark ([Udviklingscenter Årsløve](#)) den siste tiden angående framtidens veksthus må det bygges videre på i vår tilnærming. Anlegget må ha så stor fleksibilitet at det kan endres og tilpasses utviklingen av teknisk utstyr for øvrig.

For et anlegg av denne type bør en kalkulere med en kostnad på ca. 4 500 kr per m². I det ligger selve bygningen, inventar (bord, lys, vanningsanlegg) og klimareguleringsutstyr (utgjør 500-600 kr per m²). Totalt beløper altså dette seg til i størrelsesorden 10 mill. kr.

8.3.2 Energisystem

Behovet for energi og CO₂ i forsøksveksthuset oppsummeres i Tabell 8-1 som er basert på foreløpige beregninger.

Tabell 8-1. Behov for innsatsfaktorene varme, elektrisitet og CO₂ i et 2 000 m² forsøksveksthus. Overslagstall.

	Maks (kW)	Gjennomsnitt (kW)
Varme	200	100
El	1100	200
CO ₂ ⁸	100	80

I det videre arbeidet vil det måtte avklares hvilke(n) av disse parametrene det er mest hensiktsmessig å dimensjonere/optimalisere for. Dette er blant annet knyttet til kostnadene ved kjøp av el fra nettet, muligheten for å levere overskuddsvarme til nærliggende varmebrukere og annen integrasjon med energisystemet i området. Videre vil det trolig være behov for renseanlegg for fjerning av NO_x fra avgassen fra gassmotorer (Greenox-anlegg), mens avgassen fra gassmotorer er ren nok til bruk i veksthuset direkte.

Tabell 8-2 viser energiproduksjon og omtrentlige investeringskostnader ved noen CHP-maskiner som kan være aktuelle for bruk i forsøksveksthuset.

⁸ Det produseres 0,2 kg CO₂ per kWh ved forbrenning av naturgass.

Tabell 8-2. Illustrasjon av aktuelle CHP-maskiner for bruk i veksthus med installert effekt for el- og varmeproduksjon og omtrentlige investeringskostnader.

	Type CHP	El (kW)	Varme (kW)	Kostnad (kNOK)
EC-Power	Motor	14	29	300
Turbec	Turbin	100	167	550 ⁹
Deutz TCG 2015 V6	Motor	171	164	2 200

Avklaring av detaljert energiløsning vil være en del av designfasen i prosjektet, men basert på tilgjengelige data på dette stadiet viser Tabell 8-3 to mulige konstellasjoner som dekker store deler av behovet for el, varme og CO₂ (Tabell 8-1). For begge alternativene dekkes hele behovet for varme og CO₂, og mesteparten av behovet for el i veksthuset. Investeringskostnadene ligger trolig i området 4-5 mill. kr, og de årlige driftskostnadene på om lag 1,5 mill. kr. Det er heftet betydelig usikkerhet ved disse tallene, men de gir en pekepinn på hvilken størrelsesorden det er snakk om.

Tabell 8-3. Investerings- og driftskostnader for to mulige konstellasjoner av energiløsninger i et forsøksveksthus. Overslagstall.

		1 stk. Turbec og 4 stk. EC- Power	Deutz TCG 2015 V6
Kapasitet (kW)	El	160	171
	Varme	280	164
	CO ₂	500	350
Investering (MNOK)	Energiproduksjon/CHP	1,8 ¹¹	2,3 ¹²
	Energiinfrastruktur ¹⁰	2	2
	Samlet	3,8	4,3
Årlige driftskostnader ¹³ (MNOK)		1,5	

8.3.3 Samlet ressursbehov

Tabell 8-4 illustrerer størrelsesorden på forventede totale prosjektkostnader forbundet med investering i et forsøksveksthus og drift i en 5 års periode.

⁹ Kostnadene ved bruk av denne turbinen er primært knyttet til ombygging fra metanol til naturgass. Turbinen kan stilles til rådighet for prosjektet.

¹⁰ I tillegg til kostnadene ved CHP-maskinen(e) kommer kostnader ved el-tilslutning, eventuelle akkumulatorer for lagring av overskuddsvarme (varmebuffer), system for integrasjon med eksternt energisystem, distribusjonssystem for varme og CO₂ internt i veksthuset med mer.

¹¹ Forutsatt at turbinen dekker hele CO₂-behovet og at det ikke er behov for NO_x-rensing.

¹² Inkludert anlegg for NO_x-rensing, med kostnad i størrelsesorden 0,1 MNOK.

¹³ Inkludert drift av anlegg, kjøp av naturgass (30 øre/kWh), varme og el (47 øre/kWh), og fratrasket eventuelle inntekter ved salg av el og varme.

Tabell 8-4. Forventede prosjektkostnader for forsøksveksthuset med tilhørende drift og FoU-aktiviteter. Prosjektperiode fem år. Overslagstall.

Type	Investering (MNOK)	Årlige faste og variable driftskostnader (MNOK/år)	Totale faste og variable driftskostnader (MNOK)	Totale prosjekt- kostnader (MNOK)
Veksthus	10	3	15	25
Energisystem	4	1,5	7,5	12
FoU - personell ¹⁴		1,5	7	7
Drift - personell ¹⁵		1	5	5
Totalt	14	7	37	49

8.4 Konklusjon/oppsummering

Arbeidet med den aktuelle problemstillingen har vist at det finnes teknologi som kan nyttes i veksthus for å utnytte naturgassen mer effektivt enn i dag. Det kan videre gjøres tiltak i veksthus som kan redusere energibehovet, samtidig som veksthusanlegg både som bruker og leverandør av energi kan ses i sammenheng med det lokale energisystemet. Det er samtidig en utfordring for næringen å nyttiggjøre seg den teknologien som er på markedet. Lønnsomheten ligger i mer storskala drift enn det som er vanlig i norsk veksthusnæring. Samtidig er også investeringskostnadene høye. Fordi energi utgjør en stor del av kostnadene i produksjon av planter i veksthus er det særdeles viktig å få opp energieffektiviteten og utnytte CO₂ fra forbrenningen på en effektiv måte.

Energibehovet og energitilgangen peker i retning av en viss strukturendring i næringen, der lokalisering av anlegg både regionalt og lokalt vil være i fokus. Framtidige veksthusanlegg forventes å være mer teknisk avanserte enn i dag.

Skisserte muligheter som ligger i bruk av naturgass i veksthus, i energisparende tiltak og i bruk av energien i en mer helhetlig sammenheng enn i dag, gjør det aktuelt å forfølge temaet. Testing og videreutvikling av tekniske tiltak og utstyr kan vanskelig skje i operative gartneribedrifter, og det skisseres derfor et eksperimentelt anlegg hvor næringen sammen med leverandører av utstyr og driftsmidler til næringen går sammen, og der myndighetene bidrar økonomisk. Å generere aktuell kunnskap for mulig implementering i eksisterende og framtidige anlegg vil være et viktig miljøprosjekt og et bidrag til å utvikle veksthusanleggene til å bli integrert i lokal energidistribusjon.

Det anbefales at forprosjektet videreføres med avklaring av interesse hos næringen og myndigheter for å gå videre med etablering av et eksperimentelt energiveksthus i Risavika. Med en prosjektperiode på fem år antydes totalcostnader på omkring 50 mill. kr.

¹⁴ Personell både på planteproduksjon og energiteknologi.

¹⁵ Ibid.

9 Referanser

- Anon (2006) Olje, gass, strøm. *Gartneryrket* 104(6):29
- Bakker, J.C., Bot, G.P.A., Chalia, H. & Van de Braak, N.J. (eds) (1995) *Greenhouse climate control - an integrated approach*, 279 pp. Wageningen Press, The Netherlands.
- Bernson, M. (2002) Presentasjon på gasskonferansen i Bergen, 17.-18. april 2002
- Cogen Europe (2001) *Educogen. The European Educational Tool on Cogeneration*, 2nd edition. http://www.cogen.org/Downloadables/Projects/EDUCOGEN_Tool.pdf
- Hansen, J. (1984) Kunstlys og planteproduktion. *Gartner Tidende* 100(38):1192-1193.
- Innogrow. <http://www.innogrow.nl/>
- Joa, A., Norsk agurk. Pers. meddel.
- Knoph, P.O., Bergersen, H., Eng, J. & Stangeland, L.B. (2004) *Naturgassdrevne kogenanlegg og varmeakkumulering i veksthusproduksjon i Rogaland. Eksempler på muligheter, effekter og lønnsomhet*. Rapport nr. POL-O-2004-078-A. Polytec, pp 39 + vedlegg
- Körner, O. & Thonning Skou, P. (2006) Lagring af overskudsenergi i væksthuse. *Gartner Tidende* 122(14):38-39.
- Moe, R. (1994) Vekstfysiologiske aspekter med høge belysningsstyrker. *Gartneryrket* 84(15):8-13.
- NGF (2004). Dataopplysninger fra Norsk Gartnerforbund.
- Næsheim, S.J. (2005) *Combined Heat and Power Fired with Natural Gas. Thermodynamical, Industrial, and Societal Considerations*. Doctoral Thesis NTNU 2005:167.
- Rosenqvist, E. & Mazanti, J. (1998) Giv planterne det naturlige klima tilbake. *Gartner Tidende* 114(38):10-11.
- Statistisk sentralbyrå (2002) Jordbrukstellinga 1999 http://www.ssb.no/emner/10/04/10/nos_it1999/
- Syversen, O., Norsk Gartnerforbund. Personlig meddelelse.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2002) *Plant Physiology (third edition)*, 690 pp. Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Thonning Skou, P. & Rysted, J. 2006. Spar på energien og gem på varmen. *Gartner Tidende* 122(14): 18-19.